

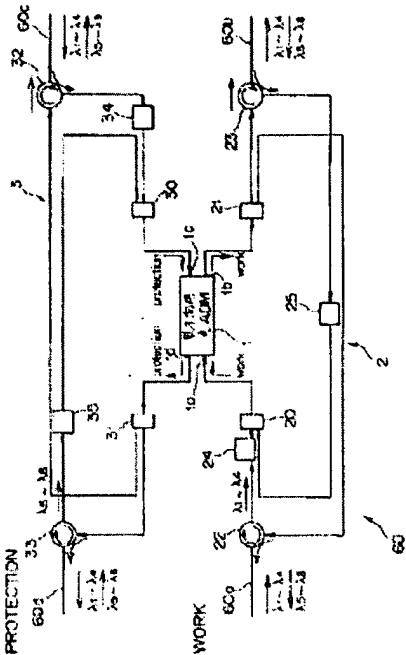
TWO-WAY OPTICAL COMMUNICATION USE OPTICAL TRANSMITTER

Publication number: JP11127121
Publication date: 1999-05-11
Inventor: KAI TAKETAKA; CHIKAMA TERUMI
Applicant: FUJITSU LTD
Classification:
- **international:** H04J14/00; H04B10/24; H04J14/02; H04J14/00; H04B10/24; H04J14/02; (IPC1-7): H04B10/24; H04J14/00; H04J14/02
- **European:** H04J14/02A
Application number: JP19970287485 19971020
Priority number(s): JP19970287485 19971020

Also published as:
US6278536 (B1)

Report a data error here

Abstract of JP11127121
PROBLEM TO BE SOLVED: To attain 2-way wavelength multiplex optical communication using an existing optical transmitter for a single direction optical communication by converting a transmission path (flow) of an optical signal sent in two-ways into one direction with respect to the two-way optical communication optical transmitter that sends an optical signal with different wavelengths into two-way so as to conduct 2-way optical communication. **SOLUTION:** This transmitter is provided with a single direction optical signal processing section 1 that applies prescribed optical signal processing to an optical signal sent in a single direction and with a single direction/ two-way conversion processing section 2 that converts a flow of each optical signal in incoming and outgoing directions into a signal direction and gives the resulting signal to the unidirectional optical signal processing section 1 and converts the flow of the optical signal from the unidirectional optical signal processing section 1 into two-way into incoming and outgoing directions.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-127121

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月11日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

H 0 4 B 10/24

H 0 4 B 9/00

G

H 0 4 J 14/00

E

14/02

審査請求 未請求 請求項の数43 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願平9-287485

(22) 出願日 平成9年(1997)10月20日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 甲斐 雄高

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 近間 輝美

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 真田 有

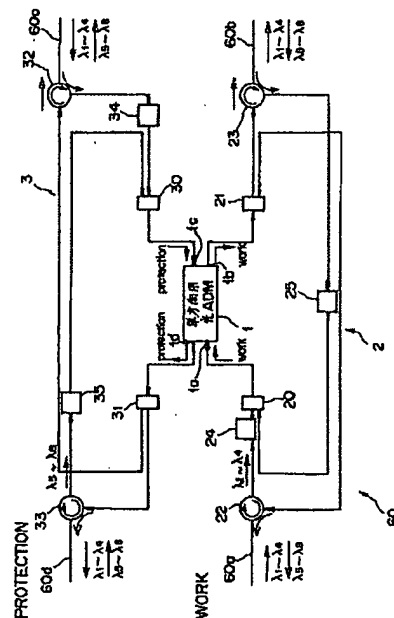
(54) 【発明の名称】 双方向光通信用光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 異なる波長の光信号を双方向に伝送して双方向光通信を行なう双方向光通信用光伝送装置に関し、双方向に伝送される光信号の伝送経路（流れ）を一方に単一化することにより、既存の単方向光通信用の光伝送装置を用いて、双方向の波長多重光通信を行なえるようにする。

【解決手段】 単方向に伝送される光信号に対して所定の光信号処理を施す単方向用光信号処理部1と、上り方向、下り方向の各光信号の流れを単一方向化して単方向用光信号処理部1へ入力する一方、単方向用光信号処理部1からの光信号の流れを上り方向と下り方向とに双方向化する単方向／双方向変換処理部2とをそなえて構成する。

本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の構成を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上り方向と下り方向とで異なる波長の光信号を伝送することにより双方向の光通信を行なう双方向通信用光伝送路に介装され該双方向通信用光伝送路を伝送される該光信号に対して所定の光伝送処理を施す双方向通信用光伝送装置であって、
単方向に伝送される光信号に対して所定の光信号処理を施す単方向用光信号処理部と、
該上り方向、該下り方向の各光信号の流れを単一方向化して該単方向用光信号処理部へ入力する一方、該単方向用光信号処理部からの光信号の流れを該上り方向と該下り方向とに双方向化する単方向／双方向変換処理部とをそなえたことを特徴とする、双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 2】 該単方向用光信号処理部が、
少なくとも 1 つの入力ポートと 1 つの出力ポートとをそなえて構成されるとともに、
該単方向／双方向変換処理部が、
一方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号と他方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号とを該単方向用光信号処理部の該入力ポートへ入力する一方、該単方向用光信号処理部の該出力ポートから出力される光信号のうちの該上り方向の光信号を上記他方の双方向通信用光伝送路へ出力するとともに該下り方向の光信号を上記一方の双方向通信用光伝送路へ出力するように構成されていることを特徴とする、請求項 1 記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 3】 該単方向／双方向変換処理部が、
該上り方向の光信号と該下り方向の光信号とを合波して該単方向用光信号処理部の該入力ポートへ出力する光合波部と、
該単方向用光信号処理部の該出力ポートからの該光信号処理済の該光信号を該上り方向の光信号と該下り方向の光信号に分波する光分波部と、
上記一方の双方向通信用光伝送路からの該上り方向の光信号を該光合波部へ分岐する一方、該光分波部で分波された該下り方向の光信号を上記一方の双方向通信用光伝送路へ分岐する第 1 光信号分岐部と、
上記他方の双方向通信用光伝送路からの該下り方向の光信号を該光合波部へ分岐する一方、該光分波部で分波された該上り方向の光信号を上記他方の双方向通信用光伝送路へ分岐する第 2 光信号分岐部とをそなえて構成されたことを特徴とする、請求項 2 記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 4】 該光合波部および該光分波部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴とする、請求項 3 記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 5】 該第 1 光信号分岐部および該第 2 光信号

分岐部が、それぞれ、光サーキュレータとして構成されていることを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 6】 該第 1 光信号分岐部および該第 2 光信号分岐部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 7】 該単方向／双方向変換処理部が、
上記一方の双方向通信用光伝送路に接続される第 1 入出力ポートと、上記他方の双方向通信用光伝送路に接続される第 2 入出力ポートと、該単方向用光信号処理部の該入力ポートに接続される第 3 入出力ポートと、該単方向用光信号処理部の該出力ポートに接続される第 4 入出力ポートとを有する波長多重／分離型光カプラとして構成されるとともに、
該波長多重／分離型光カプラが、
該第 1 入出力ポートに入力される該上り方向の光信号と該第 2 入出力ポートに入力される該下り方向の光信号とを光波長多重して該第 3 入出力ポートへ出力する一方、
該第 4 入出力ポートに入力される光信号処理済の該光信号のうちの該上り方向の光信号を該第 2 入出力ポートへ出力するとともに該下り方向の光信号を該第 1 入出力ポートへ出力するように構成されていることを特徴とする、請求項 2 記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 8】 該単方向用光信号処理部が、
該単方向／双方向変換処理部において単一方向化された該上り方向、該下り方向の各光信号についての分散を一括して補償する一括分散補償部をそなえたことを特徴とする、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 9】 該単方向／双方向変換処理部が、
該上り方向の光信号についての分散と該下り方向の光信号についての分散とを個別に補償する個別分散補償部をそなえたことを特徴とする、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 10】 該個別分散補償部が、
該上り方向の光信号と該下り方向の光信号とを単一方向化する前に該上り方向の光信号についての分散を補償する第 1 分散補償器と、
該上り方向の光信号と該下り方向の光信号とを単一方向化する前に該下り方向の光信号についての分散を補償する第 2 分散補償器とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 9 記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 11】 該単方向用光信号処理部が、
各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ光信号レベル調整部をそなえたことを特徴とする、請求項 1 記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項 12】 該光信号レベル調整部が、
波長単位で該光信号の減衰度を調整する複数の光アッテネータとして構成されていることを特徴とする、請求項

11 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 13】 該単方向用光信号処理部が、該単方向／双方向変換処理部で単一方向化された該光信号に対して波長単位での光信号の分岐・挿入処理を施すアド・ドロップ処理部をそなえていることを特徴とする、請求項 1 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 14】 該アド・ドロップ処理部が、入力光信号を波長毎に分波する光分波器と、該光分波器で分波された各波長の光信号を各波長毎に分岐しうる複数の分岐用光スイッチと、該分岐用光スイッチで分岐された光信号の波長と同じ波長の光信号を挿入しうる複数の挿入用光スイッチと、該挿入用光スイッチを通じて入力される各波長の光信号を合波する光合波器とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 13 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 15】 該アド・ドロップ処理部が、分岐すべき光信号の波長に相当する周波数信号を印加することにより所望の波長の光信号を分岐する音響光チューナブルフィルタと、挿入すべき波長の光信号を発生する光源とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項 13 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 16】 該単方向用光信号処理部が、該単方向／双方向変換処理部で単一方向化された該光信号を増幅する光増幅器をそなえたことを特徴とする、請求項 1 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 17】 該単方向用光信号処理部が、該単方向／双方向変換処理部で単一方向化され光信号処理済の光信号のスペクトル状態を監視するスペクトル監視部をそなえたことを特徴とする、請求項 1 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 18】 該双方向通信用光伝送路による双方向通信が不可能になった非常時に該双方向通信用光伝送路に代わって該双方向通信を行なうための非常時双方向通信用光伝送路に介装されるとともに、上記非常時に一方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号の流れと上記非常時に他方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される該下り光信号の流れとを単一方向化して該単方向用光信号処理部へ入力する一方、該単方向用光信号処理部からの光信号の流れを該上り方向と該下り方向とに双方向化する非常時用単方向／双方向変換処理部をそなえたことを特徴とする、請求項 1 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 19】 該単方向用光信号処理部が、少なくとも 1 つの非常時用入力ポートと 1 つの非常時用出力ポートとをそなえて構成されるとともに、該非常時用単方向／双方向変換処理部が、上記非常時に上記一方の非常時双方向通信用光伝送路を

通じて入力される該上り方向の光信号と上記他方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号とを該単方向用光信号処理部の該非常時用入力ポートへ出力する一方、該単方向用光信号処理部の該非常時用出力ポートから出力される光信号のうちの該上り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信用光伝送路へ出力するとともに該下り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信用光伝送路へ出力するように構成されていることを特徴とする、請求項 18 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 20】 該非常時用単方向／双方向変換処理部が、上記非常時に上記一方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号と上記他方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号とを合波して該単方向用光信号処理部の該非常時用入力ポートへ出力する非常時用光合波部と、該単方向用光信号処理部の該非常時用出力ポートからの光信号を該上り方向の光信号と該下り方向の光信号とに分波する非常時用光分波部と、上記一方の非常時双方向通信用光伝送路からの該上り方向の光信号を該非常時用光合波部へ分岐する一方、該非常時用分波部で分波された該下り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信用光伝送路へ分岐する非常時第 1 光信号分岐部と、

上記他方の非常時双方向通信用光伝送路からの該下り方向の光信号を該非常時用光合波部へ分岐する一方、該非常時用光分波部で分波された該上り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信用光伝送路へ分岐する非常時第 2 光信号分岐部とをそなえて構成されたことを特徴とする、請求項 19 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 21】 該非常時用光合波部および該非常時用光分波部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴とする請求項 20 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 22】 該非常時用第 1 光信号分岐部および該非常時用第 2 光信号分岐部が、それぞれ、光サーキュレータとして構成されていることを特徴とする、請求項 20 又は 21 に記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 23】 該非常時用第 1 光信号分岐部および該非常時用第 2 光信号分岐部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴とする、請求項 20 又は 21 に記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 24】 該単方向／双方向変換処理部が、上記一方の非常時双方向通信用光伝送路に接続される非常時第 1 入出力ポートと、上記他方の非常時双方向通信用光伝送路に接続される非常時第 2 入出力ポートと、該単方向用光信号処理部の該非常時用入力ポートに接続される非常時第 3 入出力ポートと、該単方向用光

信号処理部の該非常時出力ポートに接続される非常時第 4 入出力ポートとを有する波長多重／分離型光カブラとして構成されるとともに、
該波長多重／分離型光カブラが、
該非常時第 1 入出力ポートに入力される該上り方向の光信号と該非常時第 2 入出力ポートに入力される該下り方向の光信号とを光波長多重して該非常時第 3 入出力ポートへ出力する一方、該非常時第 4 出力ポートに入力される光信号のうちの該上り方向の光信号を該非常時第 2 入出力ポートへ出力するとともに該下り方向の光信号を該非常時第 1 入出力ポートへ出力するように構成されていることを特徴とする、請求項 19 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 25】 該単方向用光信号処理部が、
上記非常時には該単方向／双方向変換部から入力される該上り方向の光信号もしくは該下り方向の光信号を該非常時双方向通信光伝送路側へ折り返しうる単方向用折り返し光スイッチをそなえるとともに、
該非常時単方向／双方向変換処理部が、
該単方向用折り返し光スイッチで折り返された該上り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信光伝送路へ出力する一方、該単方向用折り返し光スイッチで折り返された該下り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信光伝送路へ出力するように構成されていることを特徴とする、請求項 18～24 のいずれかに記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 26】 該単方向用光信号処理部が、
上記非常時に該単方向用折り返し光スイッチで折り返された各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ非常時光信号レベル調整部をそなえたことを特徴とする、請求項 1 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 27】 該非常時光信号レベル調整部が、
波長単位で該光信号のゲインを調整するゲインイコライザとして構成されていることを特徴とする、請求項 26 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 28】 上り方向と下り方向とで異なる波長の光信号を伝送することにより双方向の光通信を行なう双方向通信光伝送路に介装され該双方向通信光伝送路を伝送される該光信号に対して所定の光伝送処理を施す双方向光通信光伝送装置であって、
該上り方向の光信号に対して所定の光信号処理を施す第 1 光信号処理部と、
該下り方向の光信号に対して所定の光信号処理を施す第 2 光信号処理部と、
一方の双方向通信光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号を該第 1 光信号処理部へ分岐する一方、該第 2 光信号処理部からの該下り方向の光信号を上記一方の双方向通信光伝送路へ分岐する第 1 分岐部と、
他方の双方向通信光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号を該第 2 光信号処理部へ分岐する一方、該

第 1 光信号処理部からの該上り方向の光信号を上記他方の双方向通信光伝送路へ分岐する第 2 分岐部とをそなえたことを特徴とする、双方向光通信光伝送装置。

【請求項 29】 該双方向通信光伝送路による双方向通信が不可能になった非常時に該双方向通信光伝送路に代わって該双方向通信を行なうための非常時双方向通信光伝送路に介装されるとともに、

該第 1 光信号処理部が、
上記他方の双方向通信光伝送路を通じての双方向通信が不可能になった時に上記一方の双方向通信光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号を一方の非常時双方向通信光伝送路へ折り返す第 1 折り返し光スイッチをそなえ、且つ、

該第 2 光信号処理部が、
上記一方の双方向通信光伝送路を通じての双方向通信が不可能になった時に上記他方の双方向通信光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号を他方の非常時双方向通信光伝送路へ折り返す第 2 折り返し光スイッチをそなえたことを特徴とする、請求項 28 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 30】 上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記他方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号を該第 1 光信号処理部へ分岐する一方、上記非常時に該第 2 光信号処理部からの該下り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信光伝送路へ分岐する第 3 分岐部と、
上記非常時に他の光伝送装置で折り返され一方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号を該第 2 光信号処理部へ分岐する一方、上記非常時に該第 1 光信号処理部からの該上り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信光伝送路へ分岐する第 4 分岐部とをそなえたことを特徴とする、請求項 29 記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 31】 該第 1 光信号処理部が、
上記一方の双方向通信光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号についての分散を補償する第 3 分散補償器をそなえるとともに、
該第 2 光信号処理部が、
上記他方の双方向通信光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号についての分散を補償する第 4 分散補償器をそなえたことを特徴とする、請求項 28～30 のいずれかに記載の双方向光通信光伝送装置。

【請求項 32】 該第 1 光信号処理部が、
上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記他方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号についての分散を補償する第 5 分散補償器をそなえるとともに、
該第 2 光信号処理部が、
上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記一方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される該下り方

向の光信号についての分散を補償する第6分散補償器をそなえたことを特徴とする、請求項30記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項33】 該第1光信号処理部が、上記一方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号についての分散を補償する第3分散補償器と、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記他方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される該上り方向の光信号についての分散を補償する第5分散補償器とをそなえるとともに、

該第2光信号処理部が、上記他方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号についての分散を補償する第4分散補償器と、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記一方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される該下り方向の光信号についての分散を補償する第6分散補償器とをそなえたことを特徴とする、請求項30記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項34】 通常時に該第1光信号処理部で処理された該上り方向の光信号、通常時に該第2光信号処理部で処理された該下り方向の光信号、上記非常時に該第1光信号処理部で処理された該上り方向の光信号および上記非常時に該第2光信号処理部で処理された該下り方向の光信号の各スペクトル状態を監視するスペクトル監視部をそなえたことを特徴とする、請求項28～33のいずれかに記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項35】 該スペクトル監視部が、上記通常時における各光信号のスペクトル状態と上記非常時における各光信号のスペクトル状態とを所定の周期で交互に監視するように構成されていることを特徴とする、請求項34記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項36】 該第1光信号処理部および該第2光信号処理部が、入力光信号に対して波長単位での光信号の分岐・挿入処理を施すアド・ドロップ処理部をそなえていることを特徴とする、請求項28～35のいずれかに記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項37】 該アド・ドロップ処理部が、入力光信号を波長毎に分波する光分波器と、該光分波器で分波された各波長の光信号を各波長毎に分岐しうる複数の分岐用光スイッチと、該分岐用光スイッチで分岐された光信号の波長と同じ波長の光信号を挿入しうる複数の挿入用光スイッチと、該挿入用光スイッチを通じて入力される各波長の光信号を合波する光合波器とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項36記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項38】 該アド・ドロップ処理部が、分岐すべき光信号の波長に相当する周波数信号を印加することにより所望の波長の光信号を分岐する音響光チュ

ーナブルフィルタと、挿入すべき波長の光信号を発生する光源とをそなえて構成されていることを特徴とする、請求項36記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項39】 該第1光信号処理部および該第2光信号処理部が、各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ光信号レベル調整部をそなえたことを特徴とする、請求項28記載の双方向光通信用光伝送装置。

10 【請求項40】 該光信号レベル調整部が、波長単位で該光信号の減衰度を調整する複数の光アッテネータとして構成されていることを特徴とする、請求項39記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項41】 該第1光信号処理部および該第2光信号処理部が、入力光信号を増幅する光増幅器をそなえたことを特徴とする、請求項28記載の双方向光通信用光伝送装置。

20 【請求項42】 該第1光信号処理部および該第2光信号処理部が、上記非常時に該第1折り返し光スイッチおよび該第2折り返し光スイッチで、それぞれ、該非常時双方向通信用光伝送路へ折り返された各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ非常時光信号レベル調整部をそなえたことを特徴とする、請求項28記載の双方向光通信用光伝送装置。

【請求項43】 該非常時光信号レベル調整部が、波長単位で該光信号のゲインを調整するゲインイコライザとして構成されていることを特徴とする、請求項42記載の双方向光通信用光伝送装置。

30 【発明の詳細な説明】

【0001】

(目次)

発明の属する技術分野

従来の技術(図19～図24)

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

発明の実施の形態

(a) 第1実施形態の説明(図1～図8)

(b) 第1実施形態の第1変形例の説明(図9)

40 (c) 第1実施形態の第2変形例の説明(図10～図13)

(d) 第2実施形態の説明(図14～図18)

(e) その他

発明の効果

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、異なる波長の光信号を双方向に伝送して双方向光通信を行なう双方向光通信用光伝送装置に関する。

【0003】

50 【従来の技術】近年、マルチメディアネットワークを構

築するための伝送系の通信システムでは、伝送容量の拡大が可能な光通信システムが適用されている。これまでの光通信システムにおける超大容量化を実現する多重化方式としては、例えば、時分割多重 (Time-Division Multiplexing: TDM) 伝送方式や光時分割多重 (Optical Time-Division Multiplexing: OTDM) 伝送方式、または波長多重 (Wavelength-Division Multiplexing: WDM) 伝送方式などがある。

【0004】これらの多重化方式のうち、WDM伝送方式は、広い利得帯域を有するエルビウム添加光ファイバ増幅器 (EDFA) を使用することにより、光レベルにおいて、クロスコネクタや光信号の分岐・挿入あるいは異種サービスの多重化など、光通信ネットワーク (光波ネットワーク) を柔軟に構築できる伝送方式として期待されている。

【0005】例えば、このようなWDM伝送方式を適用する光波ネットワークでは、伝送路の途中に設けられたノードと呼ばれる中継点によって、多重化された光信号のうちのある特定の波長の信号光を選択的に透過させ、それ以外の波長の信号をそのノードで受信するなど、光信号の分岐や挿入を自由に行なうことができる光ADM装置 (Add Drop Multiplexer) が用いられている。

【0006】つまり、WDM伝送方式では、このような光ADM装置を適用することにより、ノード間における伝送処理の高速化やネットワークのフレキシブル化を図ることができるになっている。ところで、上述のWDM伝送方式が適用される光波ネットワークは、通常、伝送される光信号の上り方向と下り方向とを、それぞれ別々の光ファイバ (シングルモードファイバ (SMF)) を用いて通信する単方向波長多重方式が適用されている。

【0007】ここで、例えば、図19に示すように、上述の単方向波長多重方式が適用される波長多重通信システム50は、対向する2つの光伝送装置501、502が2本の単方向用光ファイバ81A、81Bを介してそれぞれ接続された構成となっている。具体的に、この光伝送装置501、502間においては、光伝送装置501の光送信部 (OS: Optical Sender) 80Aから上り方向の光信号 ($\lambda_1 \sim \lambda_n$) を送信し、光ファイバ81Aを通じて光伝送装置502の光受信部 (OR: Optical Receiver) 82Aにて受信するとともに、光伝送装置502の光送信部80Bから下り方向の光信号 ($\lambda_1 \sim \lambda_n$) を送信し、光ファイバ81Bを通じて光伝送装置501の光受信部82Bにて受信するようになっている。

【0008】このように、図19に示す波長多重通信システム50では、光信号の上り方向と下り方向とに、それぞれ別々の光ファイバ81A、81Bを割り当て、各光ファイバ81A、81B内を伝送する光信号を、全て同一方向に伝送するようになっているのである。ところ

が、上述の波長多重通信システム50においては、2本の光ファイバ81A、81Bのうち、例えば、図20に示すように、1本の光ファイバ81Aにおいて障害が発生し、通信が断 (以下、通信断ということがある) になった場合、上り方向の光信号の通信が途絶えてしまうため、光伝送装置501、502間では正常な通信が行なえない。

【0009】そのため、この単方向波長多重方式が適用される波長多重通信システム50では、障害時用の光ファイバを設けた4 fiber BLSR (Bi-directional Line Switched Ring) ネットワークや、実際の通信に使用する光ファイバの伝送容量を制限して残りの伝送容量を障害時用として使用するようにしたUPSR (Unidirectional Path Switched Ring) ネットワークなどにより、上述のような通信不能を回避することができるようになっている。

【0010】ここで、例えば、図21に示すように、上述の4 fiber BLSRネットワーク52は、光伝送装置 (光ADM装置) 501~505と、この光ADM装置501~505間を接続する単方向用の光ファイバ81A、81A'、81B、81B' とを有して構成される。具体的に、この4 fiber BLSRネットワーク52は、通常時には、現用 (W: work) の光ファイバ81Aを使用して上り方向 (図21では、右回り) の光信号を伝送する一方、光ファイバ81Bを使用して下り方向 (図21では、左回り) の光信号を伝送するようになっている。そして、障害が発生したときには、非常時用 (P: Protection) の光ファイバ81A' を使用して上り方向の光信号を伝送する一方、光ファイバ81B' を使用して下り方向の光信号を伝送するようになっている。

【0011】例えば、光ADM装置501と光ADM装置502の間において、障害が発生すると、上り方向の光信号は、光ADM装置501において折り返されて、非常時用の光ファイバ81A' を通じて伝送されるようになっている。即ち、光ADM装置502への上り方向の光信号は、光ADM装置501で折り返されて、光ADM装置505、504、503を介して光ADM装置502に伝送される。

【0012】一方、このとき、光ADM装置501への下り方向の光信号は、光ADM装置502において折り返されて、非常時用の光ファイバ81B' を使用して光ADM装置503、504、505を介して光ADM装置501に伝送されるのである。このように、図21に示す4 fiber BLSRネットワーク52では、通常時、光通信を行なっている光ファイバ81A、81Bにおいてある箇所の通信が断になった場合においても、全体のスループットを下げることなく、光通信を行なうことができるようになっている。

【0013】一方、例えば、図22に示すように、上述

のUPSRネットワーク53は、光ADM装置506～510と、上り方向、下り方向にそれぞれ1本ずつ割り当てられた光ファイバ81A、81Bとを有して構成され、上述の図21に示す4fiberBLSRネットワーク52が4本の光ファイバ81A、81A'、81B、81B'でネットワークを構築しているのに対し、このUPSRネットワーク53は、2本の光ファイバ81A、81Bでネットワークを構築することができる。

【0014】具体的に、このUPSRネットワーク53は、通常時には、伝送システム（光ADM装置506～510、光ファイバ81A、81B）の全伝送容量の半分の容量で通信を行なっている。例えば、伝送システムの全伝送容量が10Gb/sである場合には、上り方向および下り方向の伝送容量を、それぞれ、5Gb/sずつ用いて通信を行なうことになる。

【0015】そして、非常時には、通常時に使用していない残りの半分の伝送容量を使用して、システム全体の伝送容量を最大限利用し、通信不能になることを防ぐようになっている。但し、この場合、上述の残り半分の伝送容量は、障害の発生した箇所の通信に専有させてしまうため、スループットは落ちてしまう。ところで、上述の図21、図22に示すネットワーク52、53を構成する複数の光ADM装置501～510では、入力されてくる単方向の光信号に対して所定の光伝送処理（光ADM処理）を施すようになっている。

【0016】即ち、各光ADM装置501～510では、それぞれ、自身の装置に必要な波長の光信号の分岐処理（Drop）やその分岐した波長の光信号の挿入処理（Add）を施すようになっている。また、上述のAdd/Drop処理を行なう手段としては、AOTF（音響光チューナブルフィルタ；Acousto-Optical Tunable Filter）を用いたものがある。具体的に、このAOTFは、入力するRF信号の周波数を制御することにより、この周波数に対応した波長の分岐・挿入処理を施すもので、分岐したい光信号の波長に対応するRF周波数をAOTFに入力することによって、任意の波長を分岐することができるようになっている。

【0017】ところで、上述のWDM伝送方式を適用する光波ネットワークには、上述のように、伝送される光信号の上り方向と下り方向とをそれぞれ別々の光ファイバを用いて通信する単方向方多重方式のほかに、1本の光ファイバに上り方向と下り方向との双方向を伝送させて通信する双方向波長多重方式がある。ここで、双方向波長多重方式を適用した波長多重通信システム（ネットワーク）は、例えば、図23に示すように、対向する光伝送装置511、512間の光ファイバ81C、81Dにおいて、それぞれ、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_i$ の上り方向の光信号と波長 $\lambda_s \sim \lambda_r$ の下り方向の光信号とが伝送されるようになっている。

【0018】具体的に、図23に示す波長多重通信シ

テム51では、例えば、光ファイバ81Cにおける上り方向の光信号（ $\lambda_1 \sim \lambda_i$ ）は、光伝送装置511の光送信部（OS）80Cから出力されると、WDM光カプラ83を介して光ファイバ81Cによって伝送され、対向する光伝送装置512のWDM光カプラ84を介して光受信部（OR）82Cにおいて受信されるようになっている。

【0019】また、下り方向の光信号（ $\lambda_s \sim \lambda_r$ ）は、光伝送装置512の光送信部80Dから出力されると、WDM光カプラ84を介して光ファイバ81Cによって伝送され、光伝送装置511のWDM光カプラ83を介して光受信部82Dにおいて受信されるようになっている。さらに、光ファイバ81Dにおける上り方向の光信号（ $\lambda_1 \sim \lambda_i$ ）は、光伝送装置512の光送信部80Fから出力されると、WDM光カプラ86を介して光ファイバ81Dによって伝送され、光伝送装置511のWDM光カプラ85を介して光受信部82Fにおいて受信されるようになっている。

【0020】また、下り方向の光信号（ $\lambda_s \sim \lambda_r$ ）は、光伝送装置511の光送信部80Eから出力されると、WDM光カプラ85を介して光ファイバ81Dによって伝送され、対向する光伝送装置512のWDM光カプラ86を介して光受信部82Eにおいて受信されるようになっている。このように、図23に示す波長多重通信システム51では、双方向の光信号を同一の光ファイバ81C、81Dを用いて伝送することができるようになっているのである。

【0021】従って、例えば、図24に示すように、2本の光ファイバ81C、81Dのうち、1本の光ファイバ81Cに障害が発生し、通信が断になった場合においても、もう一方の光ファイバ81Dが正常に機能するため、通信が途絶えることなく継続する。但し、この場合、光信号の通信容量は通常時の1/2となる。このように、双方向に通信可能な双方向波長多重方式を適用した波長多重通信システム51では、障害が発生した場合においても、通信を継続することができるので、単方向波長多重方式を適用した波長多重通信システム50のように、非常時に非常時用の光ファイバ81A'、81B'に切り替えたり、伝送容量を制限することなく通信を行なうことができるのである。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の単方向用光ADM装置501～505を双方向用の波長伝送システム51に適用することを考えた場合、単方向用光ADM装置501～505では、上り方向および下り方向のいずれか一方の方向に伝送される光信号についてしか、各波長の光信号の分岐・挿入処理や非常時のProtection側の光ファイバ81A'、81B'への光信号の迂回処理等の光信号処理を行なえないという課題がある。

【0023】つまり、単方向用光ADM装置501～505は、単方向に伝送される光信号に対してのみ所定の光ADM処理（即ち、分岐・挿入処理や、この分岐・挿入処理とともに施される分散補償処理、増幅処理など）を施す構成となっているため、この単方向用光ADM装置501～505に双方向用の光ファイバ81C、81Dを用いた場合、双方向に伝送される光信号のうちの一方向（順方向）に伝送される光信号に対しては上述の各処理が可能であっても、逆方向に伝送される光信号に対しては全ての処理が逆になり、上述の各処理は不可能になるのである。

【0024】さらに、上述のAOTFを用いて単方向用光ADM装置501～505を構成した場合において、AOTFでは、分岐・挿入処理を施すポートがそれぞれ決まっているため、逆方向から伝送されてきた光信号に対して、分岐・挿入処理を施すことができない。本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、双方向に伝送される光信号の伝送経路（流れ）を一方向に単一化することにより、既存の単方向光通信用の光伝送装置を用いて、双方向の波長多重光通信を行なえるようにした双方向光通信用光伝送装置を提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】このため、請求項1記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、上り方向と下り方向とで異なる波長の光信号を伝送することにより双方向の光通信を行なう双方向通信用光伝送路に介装され双方向通信用光伝送路を伝送される光信号に対して所定の光伝送処理を施す双方向光通信用光伝送装置であって、単方向に伝送される光信号に対して所定の光信号処理を施す単方向用光信号処理部と、上り方向、下り方向の各光信号の流れを単一方向化して単方向用光信号処理部へ入力する一方、単方向用光信号処理部からの光信号の流れを上り方向と下り方向とに双方向化する単方向／双方向変換処理部とをそなえたことを特徴としている。

【0026】また、請求項2記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項1記載の光伝送装置において、上記単方向用光信号処理部が、少なくとも1つの入力ポートと1つの出力ポートとをそなえて構成されるとともに、単方向／双方向変換処理部が、一方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号と他方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号とを単方向用光信号処理部の入力ポートへ入力する一方、単方向用光信号処理部の出力ポートから出力される光信号のうちの上り方向の光信号を上記他方の双方向通信用光伝送路へ出力するとともに下り方向の光信号を上記一方の双方向通信用光伝送路へ出力するように構成されていることを特徴としている。

【0027】さらに、請求項3記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項2記載の光伝送装置にお

て、上記単方向／双方向変換処理部が、上り方向の光信号と下り方向の光信号とを合波して単方向用光信号処理部の入力ポートへ出力する光合波部と、単方向用光信号処理部の出力ポートからの光信号処理済の光信号を上り方向の光信号と下り方向の光信号に分波する光分波部と、上記一方の双方向通信用光伝送路からの上り方向の光信号を光合波部へ分岐する一方、光分波部で分波された下り方向の光信号を上記一方の双方向通信用光伝送路へ分岐する第1光信号分岐部と、上記他方の双方向通信用光伝送路からの下り方向の光信号を光合波部へ分岐する一方、光分波部で分波された上り方向の光信号を上記他方の双方向通信用光伝送路へ分岐する第2光信号分岐部とをそなえて構成されたことを特徴としている。

【0028】また、請求項4記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項3記載の装置において、光合波部および光分波部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴としている。

【0029】さらに、請求項5記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項3又は4に記載の光伝送装置において、上記第1光信号分岐部および上記第2光信号分岐部が、それぞれ、光サーキュレータとして構成されていることを特徴としている。また、請求項6記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項3又は4に記載の光伝送装置において、上記第1光信号分岐部および上記第2光信号分岐部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴としている。

【0030】さらに、請求項7記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項2記載の光伝送装置において、上記単方向／双方向変換処理部が、一方の双方向通信用光伝送路に接続される第1入出力ポートと、上記他方の双方向通信用光伝送路に接続される第2入出力ポートと、単方向用光信号処理部の入力ポートに接続される第3入出力ポートと、単方向用光信号処理部の出力ポートに接続される第4入出力ポートとを有する波長多重／分離型光カプラとして構成されるとともに、波長多重／分離型光カプラが、第1入出力ポートに入力される上り方向の光信号と第2入出力ポートに入力される下り方向の光信号とを光波長多重して第3入出力ポートへ出力する一方、第4入出力ポートに入力される光信号処理済の光信号のうちの上り方向の光信号を第2入出力ポートへ出力するとともに下り方向の光信号を第1入出力ポートへ出力するように構成されていることを特徴としている。

【0031】また、請求項8記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項1～7のいずれかに記載の光伝送装置において、単方向用光信号処理部が、単方向／双方向変換処理部において単一方向化された上り方向、下り方向の各光信号についての分散を一括して補償する一括分散補償部をそなえたことを特徴としている。さら

に、請求項 9 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 1～6 のいずれかに記載の光伝送装置において、単方向／双方向変換処理部が、上り方向の光信号についての分散と下り方向の光信号についての分散とを個別に補償する個別分散補償部をそなえたことを特徴としている。

【0032】また、請求項 10 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 9 記載の光伝送装置において、上述の個別分散補償部が、上り方向の光信号と下り方向の光信号とを単一方向化する前に上り方向の光信号についての分散を補償する第 1 分散補償器と、上り方向の光信号と下り方向の光信号とを単一方向化する前に下り方向の光信号についての分散を補償する第 2 分散補償器とをそなえて構成されていることを特徴としている。

【0033】さらに、請求項 11 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 1 記載の光伝送装置において、上述の単方向用光信号処理部が、各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ光信号レベル調整部をそなえたことを特徴としている。また、請求項 12 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 11 記載の光伝送装置において、光信号レベル調整部が、波長単位で光信号の減衰度を調整する複数の光アッテネータとして構成されていることを特徴としている。

【0034】さらに、請求項 13 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 1 記載の光伝送装置において、上述の単方向用光信号処理部が、この単方向／双方向変換処理部で単一方向化された光信号に対して波長単位での光信号の分岐・挿入処理を施すアド・ドロップ処理部をそなえていることを特徴としている。また、請求項 14 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 13 記載の光伝送装置において、上述のアド・ドロップ処理部が、入力光信号を波長毎に分波する光分波器と、この光分波器で分波された各波長の光信号を各波長毎に分岐しうる複数の分岐用光スイッチと、この分岐用光スイッチで分岐された光信号の波長と同じ波長の光信号を挿入しうる複数の挿入用光スイッチと、この挿入用光スイッチを通じて入力される各波長の光信号を合波する光合波器とをそなえて構成されていることを特徴としている。

【0035】さらに、請求項 15 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 13 記載の光伝送装置において、アド・ドロップ処理部が、分岐すべき光信号の波長に相当する周波数信号を印加することにより所望の波長の光信号を分岐する音響光チューナブルフィルタと、挿入すべき波長の光信号を発生する光源とをそなえて構成されていることを特徴としている。

【0036】また、請求項 16 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 1 記載の光伝送装置において、上述の単方向用光信号処理部が、この単方向／双方向変換処理部で単一方向化された光信号を増幅する光増

幅器をそなえたことを特徴としている。さらに、請求項 17 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 1 記載の光伝送装置において、上述の単方向用光信号処理部が、この単方向／双方向変換処理部で単一方向化され光信号処理済の光信号のスペクトル状態を監視するスペクトル監視部をそなえたことを特徴としている。

【0037】さらに、請求項 18 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 1 記載の光伝送装置において、双方向通信光伝送路による双方向通信が不可能になった非常時に双方向通信光伝送路に代わって双方向通信を行なうための非常時双方向通信光伝送路に介装されるとともに、上記非常時に一方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号の流れと上記非常時に他方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される下り光信号の流れとを単一方向化して単方向用光信号処理部へ入力する一方、単方向用光信号処理部からの光信号の流れを上り方向と下り方向とに双方向化する非常時単方向／双方向変換処理部をそなえたことを特徴としている。

【0038】また、請求項 19 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 18 記載の光伝送装置において、上述の単方向用光信号処理部が、少なくとも 1 つの非常時入力ポートと 1 つの非常時出力ポートとをそなえて構成されるとともに、上述の非常時単方向／双方向変換処理部が、上記非常時に上記一方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号と上記他方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号とを単方向用光信号処理部の非常時入力ポートへ出力する一方、単方向用光信号処理部の非常時出力ポートから出力される光信号のうちの上り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信光伝送路へ出力するとともに下り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信光伝送路へ出力するように構成されていることを特徴としている。

【0039】さらに、請求項 20 記載の本発明の双方向光通信光伝送装置は、請求項 19 記載の光伝送装置において、上述の非常時単方向／双方向変換処理部が、上記非常時に上記一方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号と上記他方の非常時双方向通信光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号とを合波して単方向用光信号処理部の非常時入力ポートへ出力する非常時光合波部と、単方向用光信号処理部の非常時出力ポートからの光信号を上り方向の光信号と下り方向の光信号とに分波する非常時光分波部と、上記一方の非常時双方向通信光伝送路からの上り方向の光信号を非常時光合波部へ分岐する一方、非常時分波部で分波された下り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信光伝送路へ分岐する非常時第 1 光信号分岐部と、上記他方の非常時双方向通信光伝送路からの下り方向の光信号を非常時光合波部へ分岐す

る一方、非常時用光分波部で分波された上り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信用光伝送路へ分岐する非常時用第2光信号分岐部とをそなえて構成されたことを特徴としている。

【0040】また、請求項21記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項20記載の光伝送装置において、非常時用光合波部および非常時用光分波部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴としている。さらに、請求項22記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項20又は21に記載の光伝送装置において、非常時用第1光信号分岐部および非常時用第2光信号分岐部が、それぞれ、光サーキュレータとして構成されていることを特徴としている。

【0041】また、請求項23記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項20又は21に記載の光伝送装置において、非常時用第1光信号分岐部および非常時用第2光信号分岐部が、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されていることを特徴としている。さらに、請求項24記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項19記載の光伝送装置において、上述の単方向／双方向変換処理部が、上記一方の非常時双方向通信用光伝送路に接続される非常時用第1入出力ポートと、上記他方の非常時双方向通信用光伝送路に接続される非常時用第2入出力ポートと、単方向用光信号処理部の非常時入力ポートに接続される非常時用第3入出力ポートと、単方向用光信号処理部の非常時出力ポートに接続される非常時用第4入出力ポートとを有する波長多重／分離型光カプラとして構成されるとともに、波長多重／分離型光カプラが、非常時用第1入出力ポートに入力される上り方向の光信号と非常時用第2入出力ポートに入力される下り方向の光信号とを光波長多重して非常時用第3入出力ポートへ出力する一方、非常時用第4出力ポートに入力される光信号のうちの上り方向の光信号を非常時用第2入出力ポートへ出力するとともに下り方向の光信号を非常時用第1入出力ポートへ出力するように構成されていることを特徴としている。

【0042】また、請求項25記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項18～24のいずれかに記載の光伝送装置において、上述の単方向用光信号処理部が、上記非常時には単方向／双方向変換部から入力される上り方向の光信号もしくは下り方向の光信号を非常時双方向通信用光伝送路側へ折り返しうる単方向用折り返し光スイッチをそなえるとともに、上述の非常時用単方向／双方向変換処理部が、単方向用折り返し光スイッチで折り返された上り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信用光伝送路へ出力する一方、単方向用折り返し光スイッチで折り返された下り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信用光伝送路へ出力するように構成されていることを特徴としている。

【0043】さらに、請求項26記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項1記載の光伝送装置において、上述の単方向用光信号処理部が、上記非常時に単方向用折り返し光スイッチで折り返された各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ非常時光信号レベル調整部をそなえたことを特徴としている。また、請求項27記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項26記載の光伝送装置において、非常時光信号レベル調整部が、波長単位で光信号のゲインを調整するゲインイコライザとして構成されていることを特徴としている。

【0044】さらに、請求項28記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、上り方向と下り方向とで異なる波長の光信号を伝送することにより双方向の光通信を行なう双方向通信用光伝送路に介装され双方向通信用光伝送路を伝送される光信号に対して所定の光伝送処理を施す双方向光通信用光伝送装置であって、上り方向の光信号に対して所定の光信号処理を施す第1光信号処理部と、下り方向の光信号に対して所定の光信号処理を施す第2光信号処理部と、一方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号を第1光信号処理部へ分岐する一方、第2光信号処理部からの下り方向の光信号を上記一方の双方向通信用光伝送路へ分岐する第1分岐部と、他方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号を第2光信号処理部へ分岐する一方、第1光信号処理部からの上り方向の光信号を上記他方の双方向通信用光伝送路へ分岐する第2分岐部とをそなえたことを特徴としている。

【0045】また、請求項29記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項28記載の光伝送装置において、方向通信用光伝送路による双方向通信が不可能になった非常時に双方向通信用光伝送路に代わって双方向通信を行なうための非常時双方向通信用光伝送路に介装されるとともに、上記第1光信号処理部が、上記他方の双方向通信用光伝送路を通じての双方向通信が不可能になった時に上記一方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号を一方の非常時双方向通信用光伝送路へ折り返す第1折り返し光スイッチをそなえ、且つ、上記第2光信号処理部が、上記一方の双方向通信用光伝送路を通じての双方向通信が不可能になった時に上記他方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号を他方の非常時双方向通信用光伝送路へ折り返す第2折り返し光スイッチをそなえたことを特徴としている。

【0046】さらに、請求項30記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項29記載の光伝送装置において、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され他方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号を第1光信号処理部へ分岐する一方、上記非常時に第2光信号処理部からの下り方向の光信号を上記他方の非常時双方向通信用光伝送路へ分岐する第3分

岐部と、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され一方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号を第 2 光信号処理部へ分岐する一方、上記非常時に第 1 光信号処理部からの上り方向の光信号を上記一方の非常時双方向通信用光伝送路へ分岐する第 4 分岐部とをそなえたことを特徴としている。

【0047】また、請求項 31 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 28～30 のいずれかに記載の光伝送装置において、上記第 1 光信号処理部が、上記一方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号についての分散を補償する第 3 分散補償器をそなえとともに、上記第 2 光信号処理部が、上記他方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号についての分散を補償する第 4 分散補償器をそなえたことを特徴としている。

【0048】さらに、請求項 32 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 30 記載の光伝送装置において、上記第 1 光信号処理部が、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記他方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号についての分散を補償する第 5 分散補償器をそなえとともに、上記第 2 光信号処理部が、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記一方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号についての分散を補償する第 6 分散補償器をそなえたことを特徴としている。

【0049】また、請求項 33 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 30 記載の光伝送装置において、上記第 1 光信号処理部が、上記一方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号についての分散を補償する第 3 分散補償器と、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記他方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される上り方向の光信号についての分散を補償する第 5 分散補償器とをそなえとともに、上記第 2 光信号処理部が、上記他方の双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号についての分散を補償する第 4 分散補償器と、上記非常時に他の光伝送装置で折り返され上記一方の非常時双方向通信用光伝送路を通じて入力される下り方向の光信号についての分散を補償する第 6 分散補償器とをそなえたことを特徴としている。

【0050】さらに、請求項 34 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 28～33 のいずれかに記載の光伝送装置において、通常時に第 1 光信号処理部で処理された上り方向の光信号、通常時に第 2 光信号処理部で処理された下り方向の光信号、上記非常時に第 1 光信号処理部で処理された上り方向の光信号および上記非常時に第 2 光信号処理部で処理された下り方向の光信号の各スペクトル状態を監視するスペクトル監視部をそなえたことを特徴としている。

【0051】また、請求項 35 記載の本発明の双方向光

通信用光伝送装置は、請求項 34 記載の光伝送装置において、上記スペクトル監視部が、上記通常時における各光信号のスペクトル状態と上記非常時における各光信号のスペクトル状態とを所定の周期で交互に監視するように構成されていることを特徴としている。さらに、請求項 36 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 28～35 のいずれかに記載の光伝送装置において、上記第 1 光信号処理部および上記第 2 光信号処理部が、入力光信号に対して波長単位での光信号の分岐・挿入処理を施すアド・ドロップ処理部をそなえていることを特徴としている。

【0052】また、請求項 37 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 36 記載の光伝送装置において、上記アド・ドロップ処理部が、入力光信号を波長毎に分波する光分波器と、この光分波器で分波された各波長の光信号を各波長毎に分岐しうる複数の分岐用光スイッチと、この分岐用光スイッチで分岐された光信号の波長と同じ波長の光信号を挿入しうる複数の挿入用光スイッチと、この挿入用光スイッチを通じて入力される各波長の光信号を合波する光合波器とをそなえて構成されていることを特徴としている。

【0053】さらに、請求項 38 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 36 記載の光伝送装置において、上記アド・ドロップ処理部が、分岐すべき光信号の波長に相当する周波数信号を印加することにより所望の波長の光信号を分岐する音響光チューナブルフィルタと、挿入すべき波長の光信号を発生する光源とをそなえて構成されていることを特徴としている。

【0054】また、請求項 39 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 28 記載の光伝送装置において、上記第 1 光信号処理部および上記第 2 光信号処理部が、各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ光信号レベル調整部をそなえたことを特徴としている。さらに、請求項 40 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 39 記載の光伝送装置において、上記光信号レベル調整部が、波長単位で光信号の減衰度を調整する複数の光アッテネータとして構成されていることを特徴としている。

【0055】また、請求項 41 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 28 記載の光伝送装置において、上記第 1 光信号処理部および上記第 2 光信号処理部が、入力光信号を増幅する光増幅器をそなえたことを特徴としている。さらに、請求項 42 記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項 28 記載の光伝送装置において、上記第 1 光信号処理部および上記第 2 光信号処理部が、上記非常時に第 1 折り返し光スイッチおよび第 2 折り返し光スイッチで、それぞれ、非常時双方向通信用光伝送路へ折り返された各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ非常時光信号レベル調整部をそなえたことを特徴としている。

【0056】また、請求項43記載の本発明の双方向光通信用光伝送装置は、請求項42記載の光伝送装置において、上記非常時光信号レベル調整部が、波長単位で光信号のゲインを調整するゲインイコライザとして構成されていることを特徴としている。

【0057】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(a) 第1実施形態の説明

図1は本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の構成を示すブロック図で、図1に示す双方向光通信用光伝送装置60は、上り方向と下り方向とで異なる波長の光信号を伝送することにより双方向の光通信を行なう光ファイバ（双方向通信用光伝送路）60a、60bに介装され、これらの光ファイバ60a、60bを伝送される光信号に対して所定の光伝送処理を施すもので、光ADM装置1、第1方向変換処理部2をそなえて構成されている。

【0058】ここで、光ADM装置（単方向用光信号処理部）1は、単方向に伝送される光信号に対して所定の光信号処理を施すもので、図1においては、通常時の光信号を入力する通常時入力ポート1aと非常時の光信号を入力する非常時入力ポート1cの2つの入力ポートをそなえるとともに、通常時の光信号を出力する通常時出力ポート1bと非常時の光信号を出力する非常時出力ポート1dの2つの出力ポートをそなえて構成されている。なお、この光ADM装置1の詳細については後述する。

【0059】また、第1方向変換処理部（単方向/双方向変換処理部）2は、通常時に伝送される光信号に所定の方向変換処理を施すもので、具体的には、第1光信号（上り方向に伝送される光信号）と第2光信号（下り方向に伝送される光信号）の各光信号の流れを単一方向化して光ADM装置1へ入力する一方、この光ADM装置1からの光信号の流れを第1光信号と第2光信号とに双方向化するものである。

【0060】なお、本実施形態では、上り方向に伝送される光信号（第1光信号）の波長を $\lambda_1 \sim \lambda_i$ とし、下り方向に伝送される光信号（第2光信号）の波長を $\lambda_s \sim \lambda_r$ とし、計8波の光信号を用いて光通信を行なうものとする。即ち、光ファイバ60aを通じて入力される第1光信号（ $\lambda_1 \sim \lambda_i$ ）と光ファイバ60bを通じて入力される第2光信号（ $\lambda_s \sim \lambda_r$ ）とを光ADM装置1の通常入力ポート1aへ入力する一方、光ADM装置1の通常出力ポート1bから出力される光信号のうち第1光信号を光ファイバ60bへ出力するとともに、第2光信号を光ファイバ60aへ出力するようになっている。

【0061】そのため、この第1方向変換処理部2は、例えば、光カプラ20、21、光サーキュレータ22、

23、分散補償器24、25をそなえて構成されている。ここで、光カプラ（光合波部；1×2WDM光カプラ）20は、第1光信号と第2光信号とを合波して光ADM装置1の通常入力ポート1aへ出力するものであり、光カプラ（光分波部；1×2WDM光カプラ）21は、光ADM装置1の通常出力ポート1bからの光信号処理済の光信号を第1光信号と第2光信号に分波するものである。なお、これらの光カプラ20、21は、それぞれ、波長多重/分離型光カプラとして構成されている。

【0062】つまり、この光カプラ20によって第1光信号と第2光信号とを合波しているの、光ADM装置1に設けられた1つの入力ポート（通常用光入力ポート1a参照）で双方向の光信号を入力することができるのである。また、光カプラ21によって第1光信号と第2光信号とを分岐しているの、光ADM装置1の出力側に出力ポート（通常用光出力ポート1b参照）を1つ設けるだけで双方向の光信号を出力することができるのである。

【0063】また、光サーキュレータ（第1光信号分岐部）22は、光ファイバ60aからの第1光信号を後述する分散補償器24を介して光カプラ20へ分岐する一方、光カプラ21で分波された第2光信号を光ファイバ60aへ分岐するものであり、光サーキュレータ（第2光信号分岐部）23は、光ファイバ60bからの第2光信号を後述する分散補償器25を介して光カプラ20へ分岐する一方、光カプラ21で分波された第2光信号を光ファイバ60bへ分岐するものである。

【0064】さらに、上述の分散補償器（第1分散補償器）24は、第1光信号と第2光信号とを単一方向化する前に第1光信号についての分散を補償するものであり、分散補償器25は、第1光信号と第2光信号とを単一方向化する前に第2光信号についての分散を補償するものである。即ち、これらの分散補償器24、25は、第1光信号についての分散と第2光信号についての分散とを個別に補償する個別分散補償部として構成されている。

【0065】なお、上述の分散補償器24、25には分散補償ファイバ（DCF）を用いてもよく、ファイバブラッググレーティングを用いてもよい。また、上述の分散補償器24、25は、光ファイバ60a、60bがシングルモードファイバ（SMF）である場合に、伝送する光信号がこの伝送路（SMF）の分散の影響を受けるため、設けられる。

【0066】従って、光ファイバ60a、60bが分散シフトファイバ（DSF）として構成されていれば、これらの分散補償器24、25は挿入しなくてもよい。また、光信号の伝送速度が2.5Gb/s以下である場合には、分散を補償することなく長距離伝送ができるので、この場合も、分散補償器24、25を挿入しなくて

よい。

【0067】このように、第1方向変換処理部2では、光ファイバ60aを通じて入力されてくる第1光信号と光ファイバ60bを通じて入力されてくる第2光信号とを単一方向化して光ADM装置1へ入力することができる。とともに、光ADM装置1からの出力を第1信号と第2信号とに双方向化することができるようになっている。

【0068】即ち、双方向光通信光伝送装置60では、双方向の光信号を単方向にまとめることができるので、既存の光ADM装置1をそのまま使用することができる。また、図1に示す符号3は第2方向変換処理部で、この第2方向変換処理部（非常時単方向/双方向変換処理部）3は、光ファイバ60a、60bによる双方向通信が不可能になった非常時に光ファイバ60a、60bに代わって双方向通信を行なうためのProtection用の光ファイバ（非常時双方向通信光伝送路）60c、60dに介装され、非常時にProtection用の光ファイバ60c、60dを通じて伝送されてくる光信号に所定の方向変換処理を施すようになっている。

【0069】具体的に、この第2方向変換処理部3は、非常時に光ファイバ60cを通じて入力される第1光信号（ $\lambda_1 \sim \lambda_n$ ）の流れと非常時に光ファイバ60dを通じて入力される第2光信号（ $\lambda_s \sim \lambda_r$ ）の流れとを単一方向化して光ADM装置1へ入力する一方、光ADM装置1からの光信号の流れを第1信号と第2信号とに双方向化するものである。

【0070】即ち、非常時に光ファイバ60cを通じて入力される第1光信号と光ファイバ60dを通じて入力される第2光信号とを光ADM装置1の非常時入力ポート1cへ出力する一方、光ADM装置1の非常時出力ポート1dから出力される光信号のうちの第1光信号を光ファイバ60dへ出力するとともに、第2光信号を光ファイバ60cへ出力するようになっている。

【0071】そのため、この第2方向変換処理部3は、例えば、光カプラ30、31、光サーキュレータ32、33、分散補償器34、35をそなえて構成されている。ここで、光カプラ（非常時用光合波部）30は、非常時に光ファイバ60cを通じて入力される第1光信号と光ファイバ60dを通じて入力される第2光信号とを合波して光ADM装置1の非常時入力ポート1cへ出力するものであり、光カプラ（非常時用光分波部）31は、光ADM装置1の非常時出力ポート1dからの光信号を第1光信号と第2光信号とに分波するものである。なお、これらの光カプラ30、31も、それぞれ、波長多重/分離型光カプラとして構成されている。

【0072】また、光サーキュレータ（非常時用第1光信号分岐部）32は、光ファイバ60cからの第1光信号を後述する分散補償器34を介して光カプラ30へ分岐する一方、光カプラ31で分波された第2光信号を光ファイバ60cへ分岐するものである。光サーキュレー

タ（非常時用第2光信号分岐部）33は、光ファイバ60dからの第2光信号を後述する分散補償器35を介して光カプラ30へ分岐する一方、光カプラ31で分波された第1光信号を光ファイバ60dへ分岐するものである。

【0073】さらに、分散補償器34は、第1光信号と第2光信号とを単一方向化する前に第1光信号についての分散を補償するものであり、分散補償器35は、第1光信号と第2光信号とを単一方向化する前に第2光信号についての分散を補償するものである。即ち、これらの分散補償器34、35も上述の分散補償器24、25と同様に、第1光信号についての分散と第2光信号についての分散とを個別に補償する個別分散補償部として構成されている。

【0074】このように、第2方向変換処理部3では、非常時に光ファイバ60cを通じて入力されてくる第1光信号と、非常時に光ファイバ60dを通じて入力されてくる第2光信号との光信号の流れを単一方向化して光ADM装置1へ入力することができる。とともに、光ADM装置1からの出力を第1信号と第2信号とに双方向化することができるようになっている。つまり、非常時には、第1方向変換処理部2と同様の方向変換処理を、この第2方向変換処理部3により行なうことができるのである。

【0075】ところで、上述の図1に示す光ADM装置1は、例えば、図2に示すように、通常時の光ファイバ60a、60b上に、光スイッチ101、光カプラ102、監視信号受信部（SVOR）103、光増幅器104、リニアADM部105、光カプラ106、監視信号送信部（SVOS）107、光スイッチ108、光増幅器109、光カプラ110、光スペクトルモニタ111をそなえて構成されている。

【0076】ここで、光スイッチ（単方向用折り返し光スイッチ；2×2スイッチ）101は、非常時において第1方向変換処理部2から入力される第1光信号、第2光信号を非常時用光ファイバ60dへ折り返しうもので、通常時にこの光スイッチ101に入力された光信号はスルー（通過）するようになっている。このため、上述の第2方向変換処理部3では、光スイッチ101で折り返された第1の光信号を光カプラ31によって分波して光ファイバ60dへ出力する一方、光スイッチ101で折り返された第2光信号を光カプラ31によって分波して光ファイバ60cへ出力することになる。

【0077】また、光カプラ（2×1光カプラ）102は、光スイッチ101を介して伝送される光信号を監視信号受信部（SVOR）103へ一部分波するものである。さらに、監視信号受信部（SVOR）103は、光カプラ102において一部分波された光信号からSV信号（Supervisor；監視信号）を読み取るもので、SV信号の中に設定されている光信号の速度、波長、折り返し

10

20

30

40

50

指示などの伝送光信号に関する情報に基づいて、後述するリニアADM部105での光信号の分岐・挿入や光スイッチ101、108の切り替え(折り返し)などの処理が制御されるようになっている。

【0078】また、光増幅器104は、上述の第1方向変換処理部2で単一方向化されて入力される光信号〔第1光信号($\lambda_1 \sim \lambda_i$)、第2光信号($\lambda_s \sim \lambda_r$)〕を増幅するもので、ここでは、光カブラ102を介して伝送される光信号を増幅するようになっている。さらに、リニアADM部(アド・ドロップ処理部)105は、第1方向変換処理部2で単一方向化された第1光信号および第2光信号に対して波長単位での光信号の分岐・挿入処理(アド・ドロップ処理)を施すもので、光分波器45、分岐用光スイッチ46-1~46-n、挿入用光スイッチ47-1~47-n、光アッテネータ48-1~48-n、光合波器49をそなえて構成されている。

【0079】ここで、光分波器45は、入力光信号を波長毎に分波するもので、例えば、n波(nは自然数)に分波される場合には、光分波器45のn個の出力ポートから各波長の光信号がそれぞれ出力されるようになっている。また、分岐用光スイッチ(1×2光スイッチ)46-1~46-nは、光分波器45における出力ポート数nに対応して設けられており、それぞれ、光分波器45で分波された各波長の光信号を各波長毎に分岐(Drop)しうるものである。

【0080】さらに、挿入用光スイッチ(2×1光スイッチ)47-1~47-nは、それぞれ、分岐用光スイッチ46-1~46-nで分岐された光信号の波長と同じ波長の光信号を挿入(Add;合波)しうるものである。また、光アッテネータ48-1~48-nは、それぞれ、波長単位で光信号の減衰度を調整するもので、波長の光信号の信号レベルを一定に保つ光信号レベル調整部として機能するようになっている。即ち、この光アッテネータ48-1~48-nは、分岐・挿入処理を施した後の光信号において、波長毎にパワーのバラツキがある場合にそのバラツキを無くすることができるようになっているのである。

【0081】さらに、光合波器49は、挿入用光スイッチ47-1~47-nを通じて入力される各波長の光信号を合波するものである。つまり、このリニアADM部105では、2つのマルチプレクサ(光分波器45、光合波器49)の間に光スイッチ、即ち、分岐用光スイッチ46-1~46-nおよび挿入用光スイッチ47-1~47-nを配置し、任意波長のAdd・Drop(挿入分岐)処理を行なうようになっているのである。

【0082】また、監視信号送信部(SVOS)107は、光ファイバ60a、60bを伝送する光信号の状態を表す情報(SV信号)を生成するもので、本光ADM装置1で光通信を行なっている光信号の波長($\lambda_1 \sim \lambda$

λ_r)とは別の波長(例えば、 λ_s)によってその情報を重畳するようになっている。さらに、光カブラ(2×1光カブラ)106は、リニアADM部105からの光信号にこのSVOS107からのSV信号を重畳するものである。光スイッチ(単方向用折り返し光スイッチ;2×2スイッチ)108は、上述の光スイッチ101と同様に、障害が発生したときに、非常時用の伝送路である光ファイバ60dに光信号を折り返すためのもので、通常時はスルーするようになっている。

10 【0083】また、光増幅器109は、光スイッチ108を介して伝送される光信号を増幅するものであり、光カブラ(1×2光カブラ)110は、光増幅器109によって増幅された光信号を一部分岐するものである。さらに、光スペクトルモニタ(スペクトル監視部)111は、第1方向変換処理部2で単一方向化され、リニアADM部105によってアド・ドロップ処理された光信号(光信号処理済の光信号)のスペクトル状態を監視するもので、この監視中に波長のずれや信号のパワーのバラツキ等のスペクトル異常があると、リニアADM部105の光アッテネータ48-1~48-nが調節されて、スペクトルが正常に補正されるようになっている。

20 【0084】一方、非常時用の光ファイバ60c、60d上には、例えば、光スイッチ108、光カブラ112、監視信号受信部(SVOR)113、光カブラ114、監視信号送信部(SVOS)115、光スイッチ101、光増幅器116、光カブラ117、光スペクトルモニタ118、ゲインイコライザ119が設けられている。なお、既述の符号と同一の符号を付したものはそれぞれ前述したものと同様のものであるため、詳細な説明は省略する。

30 【0085】ここで、光カブラ112は、光スイッチ108を介して伝送される光信号を一部分波するものであり、監視信号受信部(SVOR)113は、光カブラ112において分波された一部の光信号を受信し、SV信号を読み取るもので、非常時に入力されてくる光信号に対し、光リニアADM部105による処理を行なうか否か、あるいは光スイッチ108により折り返すか否かの判断を行なっている。

40 【0086】また、監視信号送信部(SVOS)115は、光ファイバ60c、60dを伝送する光信号の状態を表す情報(SV信号)を生成するもので、SVOS107と同様に、本光ADM装置1で光通信を行なっている光信号とは別の波長の光信号にその情報を重畳するようになっている。さらに、光カブラ114は、光カブラ112からの光信号に上述のSVOS115からのSV信号を重畳するものである。

50 【0087】また、光増幅器116は、光スイッチ101を介して伝送される光信号を増幅するものであり、光カブラ117は、光増幅器116によって増幅された光信号を一部分岐するものであり、光スペクトルモニタ

(スペクトル監視部) 111は、非常時に、光ファイバ60c; 60d上を伝送する光信号のスペクトル状態を監視するものである。

【0088】さらに、ゲインイコライザ119は、波長単位で光信号のゲインを調整するもので、非常時に光スイッチ101、108で折り返された各波長の光信号の信号レベルを一定に保つ非常時光信号レベル調整部として機能するものである。なお、このゲインイコライザ119は、光増幅器116の中に設けるようにしてもよく、この場合、図2に示すように、最終出力段に設けてもよい。

【0089】また、各部101~119の処理は、図示しない制御部によって制御されている。そのため、光スペクトルモニタ111、118では、その回路構成を複雑化することなく容易に構成でき、第1光信号、第2光信号(合計8波)を同時に観測することができるのである。

【0090】なお、上述の光ADM装置1において設けられている光増幅器104、109、116は、必要に応じて台数を変えることもできる。即ち、光信号のパワーが充分ある場合は挿入しなくてもよく、光信号のパワーが足りない場合は、追加するようにしてもよい。また、上述のリニアADM部105においては、図2に示すように、2つの分岐器40、合波器44の間に光スイッチ(分岐スイッチ41-1~41-n、挿入スイッチ42-1~42-n)を配置するようにして、光信号の分岐・挿入処理を行なっているが、例えば、図3に示すように、AOTF(Acousto-Optical Tunable Filter; 音響光チューナブルフィルタ)7を用いて光信号の分岐・挿入処理を行なうこともできる。

【0091】具体的に、この場合のリニアADM部105は、入力するRF(ラジオ周波数)信号の周波数を制御することにより、それに対応した光の波長を分岐および挿入するようになっている。また、上述のAOTF7は、分岐すべき光信号の波長に相当する周波数信号を印加することにより所望の波長の光信号を分岐するもので、例えば、図4に示すように、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)からなる基盤上に、光入力ポート70、光導波路72、くし形電極(IDT)73、SAWクラッド部74、偏波分離部(PBS; Polarization beam split)75、光出力ポート76、77をそなえて構成するもので、オーバーラップしている表面弾性波と光の導波路との両者の干渉により、一部の波長の光を取り出すことができるようになっている。

【0092】つまり、このAOTF7は、入力ポート70(IN)から光信号が入力されてくると、光導波路72を伝送し、例えば、分岐したい光信号の波長が λ_1 、 λ_2 である場合には、その波長に対応したRF周波数 f_1 と f_2 をRF信号発振器78から入力し、オーバーラップしている表面弾性波と光導波路72とから表面弾性

波(SAW; Surface acoustic wave)を発生させて、SAWクラッド部74を伝搬し、光信号の偏波を変換する。

【0093】また、この偏波変換された光信号は、PBS75によって分離(偏波分離)され、この偏波分離された波長(λ_1 と λ_2)の光信号が選択光として光出力ポート77(Drop)から出力されるのである。さらに、選択されなかった波長の光信号は非選択光として光出力ポート76(Through)から出力されるようになっている。即ち、RF周波数を変えることによってそれに対応した波長の光信号を分岐・挿入することができるのである。

【0094】具体的に、図3に示すリニアADM部105は、光ファイバ60a、60b上に、上述したAOTF7のほかに、光カプラ9a、光増幅器4、分散補償器5、光増幅器6、光増幅器8、光カプラ8a、9bをそなえて構成され、さらには、上述のAOTF7から分岐された波長の光信号に所定の処理を施す処理部7Aが設けられている。即ち、このリニアADM部105では、AOTF7によって分岐された光信号をこの処理部7Aによって生成して光ファイバ60a、60bに挿入している。

【0095】そして、この処理部7Aには、光増幅器11、1×8光カプラ12、可変バンドパスフィルタ13-1~13-8、電気ADM(E-ADM)14、光信号生成部(LD bank)15、1×8光カプラ16、光増幅器17、分散補償器18が設けられている。つまり、このリニアADM部105では、入力されてくる光信号を光増幅器(Pre-amp)4において増幅し、分散補償器(DCF)5において光信号の分散を補償したのち、さらに、光増幅器(Pre-amp)6においてこの光信号を増幅する。

【0096】そして、AOTF7において分岐された光信号を光増幅器11にて増幅し、1×8光カプラ12によってこの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の光信号を8等分に分岐したのち、可変バンドパスフィルタ13-1~13-8においてそれぞれ波長別に分離する。即ち、ここで、通過する波長を任意に設定できるようになっている。その後、この波長別に分離された光信号は、E-ADM14に設けられた受信部(RX)140-1~140-8にて受信し、電気信号に変換したのち、送信部(TX)141-1~141-8にて後述するLD bank15に送信する。

【0097】さらに、LD bank15において、AOTF7によって分岐された光信号に所定の光信号を用いて再変調を施す。具体的に、このLD bank15は、光源駆動回路150、光源ユニット(LD unit)151、8×8光カプラ152、再変調部(Remodulator)153-1~153-8をそなえて構成されている。つまり、このLD bank15は、光源駆動回路150に

10

20

30

40

50

より光源ユニット151を駆動させると、光源ユニット151から挿入すべき波長 $\lambda_1 \sim \lambda_s$ の光信号が発生し、8×8光カプラ152において、この互いに異なる波長 $\lambda_1 \sim \lambda_s$ の光信号を合波してから8等分する。

【0098】その後、再変調部153-1~153-8において、E-ADM14からの波長別に分離された電気信号に基づいてそれぞれ再変調する。なお、この再変調処理は、電気/光変換部(E/O)153a、変調器153b、増幅器153c、可変バンドパスフィルタ153dによって行なわれる。即ち、電気/光変換部(E/O)153aにおいてE-ADM14からの電気信号を光信号に変換し、変調器153bにおいては8×8光カプラ152からの光信号を上記光変換されたデータを用いて再変調したのち、増幅器153cにおいて増幅し、可変バンドパスフィルタ153dにおいて光ファイバ60bに挿入したい波長 $\lambda_1 \sim \lambda_s$ の光信号を任意に選択する。

【0099】その後、この任意に選択された波長の光信号は、1×8光カプラ16にて合波され、光増幅器(Post-amp)17によって増幅されたのち、分散補償器18によって分散が補償されて、光カプラ8aを介して光ファイバ60bに挿入されるのである。そして、挿入された光信号は、光増幅器(Post-amp)8による増幅処理を施されたのち、光ファイバ60を伝送される。

【0100】また、このリニアADM部105では、光ファイバ60a、60bを伝送する光信号のスペクトル状態を監視する光スペクトルモニタ10が設けられている。なお、この光スペクトルモニタ10で監視される光信号は、光ファイバ60a、60b上の光カプラ9a、9bにより一部分岐して得られたものである。つまり、リニアADM部105にこのAOTF7を用いた場合でも、分岐・挿入処理を有効に行なうことができるのである。

【0101】なお、光信号の分岐・挿入処理は、AOTF7のほか、例えば、導波路型回折格子(AWG; Arrayed Waveguide Grating)やファイバブラッググレーティングを使用するようにしてもよい。以下、上述のごとく構成された本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置60の動作について、図5~図8を用いて説明する。なお、図中、太線で示す部分が光信号の流れである。

【0102】(a1) 通常時の動作

まず、双方向光通信用光伝送装置60では、通常時、図5に示すように、第1光信号($\lambda_1 \sim \lambda_s$)が光ファイバ60aを通じて入力されてくると、この第1光信号を光サーキュレータ22によって分散補償器24側へ分岐し、分散補償器24によって分散を補償して光カプラ20へ送信する。

【0103】一方、第2光信号($\lambda_s \sim \lambda_1$)が光ファイバ60bを通じて入力されてくると、この第2光信号

を光サーキュレータ23によって分散補償器25側へ分岐し、分散補償器25によって分散を補償して光カプラ20へ送信する。すると、光カプラ20では、分散補償器24からの第1光信号と分散補償器25からの第2光信号とを合波して単一方向化したのち、光ADM装置1の通常時入力ポート1aから入力し、光ADM装置1によってこの2つの光信号に所定の光信号処理を施す。なお、この光ADM装置1における光信号処理については後述することにする。

【0104】その後、この光ADM装置1の通常時出力ポート1bから光信号処理済の光信号が出力されると、この光信号を光カプラ21において双方化する。即ち、第1光信号を光サーキュレータ23側へ分波するとともに、第2光信号を光サーキュレータ22側へ分波する。その後、光サーキュレータ23によって、この第1光信号を光ファイバ60bへ出力する一方、光サーキュレータ22によって、上記第2光信号を光ファイバ60aへ出力する。

【0105】なお、このとき、上述の光ADM装置1では、図2に示すように、通常時においては、双方化されて伝送されてきた第1光信号、第2光信号は、通常時入力ポート1aから入力されると、光スイッチ101をスルーしたのち、光カプラ102において光信号の一部をSVOR103に送信し、SVOR103によって何れの波長の光信号を分岐すべきかを選択する。

【0106】その後、光ADM装置1では、光増幅器104において光信号を増幅したのち、リニアADM部105において、上記SVOR103によって選択された波長の光信号を分岐し、この分岐された波長の光信号を挿入する。続いて、この分岐・挿入処理を施した光信号は、光カプラ106において、SVOS107からのSV信号を重畳したのち、光スイッチ108をスルーし、光増幅器109で増幅する。

【0107】それから、光カプラ110にて光信号の一部を光スペクトルモニタ111に分岐するとともに、次の光ADM装置(図示略)に送信する。光スペクトルモニタ111では、波長のずれや信号の分岐・挿入の状態を監視する。

(a2) 通常時の伝送路の入力側近傍において障害が発生した場合

ここで、図1に示す双方向光通信用光伝送装置60と、この双方向光通信用光伝送装置60の光ファイバ60a、60dと接続されて隣接する双方向光通信用光伝送装置(図示略; 60Aとする)との間において障害が発生して通信断となった場合における双方向光通信用光伝送装置60の動作について、図6を用いて説明する。

【0108】この場合、光ファイバ60aからは第1光信号が入力されず、光ファイバ60cから入力される。即ち、通信断となった光ファイバ60a、60dに接続されている双方向光通信用光伝送装置60Aにて折り返

された第1光信号がネットワークリング上の他の双方向光通信用光伝送装置(図示略)を介してこの双方向光通信用光伝送装置60の非常時用の光ファイバ60cから入力される。

【0109】そして、光ファイバ60cから第1光信号が入力されると、この第1光信号を光サーキュレータ32において分岐し、分散補償器34によって分散を補償したのち、光カプラ30を介して光ADM装置1の非常時入力ポート1cへ入力する。すると、光ADM装置1において、この第1光信号は、光スイッチ108をスルーし、SVOR113において、光カプラ112によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第1光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0110】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第1光信号を光スイッチ108により光ファイバ60b側へ折り返し、光増幅部109により増幅したのち、光カプラ110を介して、通常時出力ポート1bから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合、例えば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、光カプラ114によって第1光信号にSV信号を重畳したのち、光スイッチ101によって光ファイバ60b側へ折り返し、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。

【0111】なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、第1光信号をリニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108をスルーし、光増幅部109、光カプラ110、光スペクトルモニタ111による処理を施したのち、通常時出力ポート1bから出力する。

【0112】その後、この通常時出力ポート1bから出力した第1光信号は、図6に示すように、光カプラ21、光サーキュレータ23を介して光ファイバ60bから出力される。一方、第2光信号については、光ファイバ60bから入力される。その後、この第2光信号を光サーキュレータ23において分岐し、分散補償器25によって分散を補償したのち、光カプラ20を介して光ADM装置1の通常時入力ポート1aから入力する。

【0113】すると、光ADM装置1において、この第2光信号は、光スイッチ101をスルーし、SVOR103において、光カプラ102によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第2光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第2光信号を光スイッチ101により光ファイバ60d側へ折り返し、光増幅部116により増幅したのち、光カプラ117を介して、非常時出力ポート1dから出力する。

【0114】また、分岐・挿入処理を施す場合、例え

ば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、第2光信号をリニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108を光ファイバ60d側へ折り返し、光カプラ112、114、光スイッチ101、光増幅器116、光カプラ117、光スペクトルモニタ118を介したのち、ゲインイコライザ119によって光信号のゲインを調整して非常時出力ポート1dから出力する。

【0115】その後、この出力された第2光信号は、図6に示すように、光カプラ31、光サーキュレータ32を介して光ファイバ60cから出力される。即ち、双方向光通信用光伝送装置60、60A間において通信断となった場合には、通常時用の光ファイバ60bと非常時用の光ファイバ60cとを使用して光通信を行なうようになっている。

【0116】(a3) 通常時の伝送路の出力側近傍において障害が発生した場合

次に、図1に示す双方向光通信用光伝送装置60と、この双方向光通信用光伝送装置60の光ファイバ60b、60cと接続されて隣接する双方向光通信用光伝送装置(図示略; 60Bとする)との間において障害が発生して通信断となった場合における双方向光通信用光伝送装置60の動作について、図7を用いて説明する。

【0117】この場合、第1光信号は、光ファイバ60aから入力される。その後、この第1光信号を光サーキュレータ22において分岐し、分散補償器24によって分散を補償したのち、光カプラ20を介して光ADM装置1の通常時入力ポート1aから入力する。すると、光ADM装置1において、この第1光信号は、光スイッチ101をスルーし、SVOR103において、光カプラ102によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第1光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0118】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第1光信号を光スイッチ101により光ファイバ60d側へ折り返し、光増幅部116により増幅したのち、光カプラ117を介して、非常時出力ポート1dから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合、例えば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。

【0119】なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、第1光信号をリニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108

を光ファイバ60d側へ折り返し、光カプラ112, 114, 光スイッチ101, 光増幅器116, 光カプラ117, 光スペクトルモニタ118を介したのち、ゲインイコライザ119によって光信号のゲインを調整して非常時出力ポート1dから出力する。

【0120】一方、第2光信号については、光ファイバ60bからは入力されず、光ファイバ60dから入力される。即ち、通信断となった光ファイバ60b, 60cに接続されている双方向光通信用光伝送装置60Bにて折り返された第2光信号がネットワークリング上の他の双方向光通信用光伝送装置(図示略)を介してこの双方向光通信用光伝送装置60の非常時の光ファイバ60dから入力される。

【0121】そして、光ファイバ60dから第2光信号が入力されると、この第2光信号を光サーキュレータ33において分岐し、分散補償器35によって分散を補償したのち、光カプラ30を介して光ADM装置1の非常時入力ポート1cへ入力する。すると、光ADM装置1において、この第2光信号は、光スイッチ108をスルーし、SVOR113において、光カプラ112によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第2光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0122】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第2光信号を光スイッチ108により光ファイバ60b側へ折り返し、光増幅部109, 光カプラ110を介して通常時出力ポート1bから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合、例えば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、光カプラ114によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ101によって光ファイバ60b側へ折り返し、通常時と同様に各部102~104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。

【0123】なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合は、リニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108をスルーし、光増幅部109, 光カプラ110, 光スペクトルモニタ111による処理を施したのち、通常時出力ポート1bから出力する。

【0124】その後、この出力された第2光信号は、光カプラ21, 光サーキュレータ22を介して光ファイバ60aから出力される。即ち、双方向光通信用光伝送装置60, 60B間において通信断となった場合、通常時の光ファイバ60aと非常時の光ファイバ60dとを使用して、光通信を行なうのである。

【0125】(a4) 近傍にないある箇所において障害が発生した場合

次に、上述の双方向光通信用光伝送装置60, 60A間や双方向光通信用光伝送装置60, 60B間ではなく、

それ以外の箇所において障害が発生した場合の双方向光通信用光伝送装置60の動作について、図8を用いて説明する。なお、ある箇所が通信断となっている場合、伝送された光信号は、通信断となった位置から折り返して伝送されるようになっているため(図6, 図7参照)、双方向光通信用光伝送装置60がその間に位置する場合、通常時用、非常時用の両方の光ファイバ60a~60dを全て利用して光信号を伝送する。

【0126】即ち、第1光信号、第2光信号は、ともに、双方向(双方向光通信用光伝送装置60A側, 双方向光通信用光伝送装置60B側)から送信され、双方向へ送信するようになっている。まず、第1光信号について、双方向光通信用光伝送装置60Aから送信される第1光信号は、光ファイバ60aから入力される。その後、光サーキュレータ22において分岐し、分散補償器24によって分散を補償したのち、光カプラ20を介して光ADM装置1の通常時入力ポート1aから入力する。

【0127】すると、光ADM装置1において、この第1光信号は、光スイッチ101をスルーし、各部102~111によって、分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を施し、通常時出力ポート1bから出力される。その後、この出力された第1光信号は、光カプラ21, 光サーキュレータ23を介して光ファイバ60bから出力する。

【0128】一方、双方向光通信用光伝送装置60Bから送信される第1光信号は、光ファイバ60cから入力される。その後、光サーキュレータ32において分岐し、分散補償器34によって分散を補償したのち、光カプラ30を介して光ADM装置1の非常時入力ポート1cから入力する。すると、光ADM装置1において、この第1光信号は、光スイッチ108をスルーし、各部112~115の各処理を施したのち、光スイッチ101もスルーして、各部116~119の各処理を施したのち、非常時出力ポート1dから出力される。その後、この出力された第1光信号を、光カプラ31, 光サーキュレータ33を介して光ファイバ60dから出力する。

【0129】即ち、第1光信号の分岐・挿入処理は、上述の双方向光通信用光伝送装置60Aから通常時の光ファイバ60a, 60b上を伝送しているときに行なっているので、双方向光通信用光伝送装置60Bから送信されたときには通過するだけでよい。つまり、光ファイバ60c, 60dでは、SV信号の読み書きを行なって、光信号を増幅して送出しているだけである。

【0130】次に、第2光信号について、双方向光通信用光伝送装置60Bから送信される第2光信号は、光ファイバ60bから入力される。その後、光サーキュレータ23において分岐し、分散補償器25によって分散を補償したのち、光カプラ20を介して光ADM装置1の

通常時入力ポート1 aから入力する。すると、光ADM装置1において、この第2光信号は、光スイッチ101をスルーし、各部102~111によって、分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を施したのち、通常時出力ポート1 bから出力する。その後、この出力された第2光信号を、光カプラ21, 光サーキュレータ22を介して光ファイバ60 aから出力する。

【0131】一方、双方向光通信用光伝送装置60 Aから送信される第2光信号は、光ファイバ60 dを通じて入力される。その後、光サーキュレータ33において分岐し、分散補償器35によって分散を補償したのち、光カプラ30を介して光ADM装置1の非常用入力ポート1 cから入力する。すると、光ADM装置1において、この第2光信号は、光スイッチ108をスルーし、各部112~115の各処理を施したのち、光スイッチ101もスルーして、各部116~119の各処理を施したのち、非常時出力ポート1 dから出力する。その後、この出力された第2光信号は、光カプラ31, 光サーキュレータ32を介して光ファイバ60 cから出力される。

【0132】即ち、第2光信号の分岐・挿入処理は、上述の双方向光通信用光伝送装置60 Bから通常時の光ファイバ60 a, 60 b上を伝送しているときに行なっているため、双方向光通信用光伝送装置60 Aから送信されたときには通過するだけでよい。つまり、この場合も、光ファイバ60 c, 60 dは、SV信号の読み書きを行なっており、光信号を増幅して送出しているだけである。

【0133】このように、本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置60によれば、ネットワーク構成を変えることで双方向に伝送する光信号を単方向化することができるので、既存の光ADM装置を使用して、双方向に伝送する光信号の分岐・挿入処理や非常時の折り返し処理等を正常に行なうことができ、双方向用の光ADM装置を低コストで実現することができるという利点がある。

【0134】また、第1光信号についての分散と第2光信号についての分散とを個別に補償しているため、各ノード間の距離を一定に保つ必要がなく、自由に設定することができ、システム（ネットワーク）構築の際の柔軟性に寄与する。さらに、光ADM装置1により単方向化した光信号に対して波長単位で光信号の分岐・挿入処理を施しているため、情報を載せた信号を光の状態のまま処理することができ、本装置60の処理速度を向上させることができる利点がある。

【0135】また、上述の双方向光通信用光伝送装置60によれば、AOTF7を用いて光信号の分岐・挿入処理を施すこともできるので、システム構築の際の柔軟性に寄与する。さらに、単方向化された光信号処理済の光信号のスペクトル状態を監視しているため、伝送光信

号の状況を常に把握することができ、伝送光信号のパワーのバラツキ等を確実に補正したりすることができる。

【0136】また、非常時においても通常時と同様に所定の光伝送処理を施すことができるので、常に一定のスループットを維持することができ、本装置60の伝送能力の向上に寄与する。さらに、上述の双方向光通信用光伝送装置60によれば、光スイッチ101, 108によって、入力される第1光信号もしくは第2光信号の伝送方向を切り替えているため、通常時と非常時との伝送方向の切り分けを容易に行なうことができ、本装置60の処理速度の向上に寄与する。

【0137】また、非常時に折り返された光信号の信号レベルを一定に保っているため、光信号の波長のバラツキを確実に無くすることができ、精度の高い光信号を伝送することができる利点がある。

(b) 第1実施形態の第1変形例の説明

また、上述の第1実施形態に示す双方向光通信用光伝送装置60では、第1方向変換処理部2において、光サーキュレータ22, 23を用いて双方向に伝送される光信号（第1光信号, 第2光信号）を分岐しているが、例えば、図9に示す双方向光通信用光伝送装置61のように、第1方向変換処理部2 Aにおいて、上述の光サーキュレータ22, 23の代わりに光カプラ26, 27を用いて構成するようにしてもよい。なお、この光カプラ26, 27は、それぞれ、波長多重／分離型光カプラとして構成されている。

【0138】つまり、光カプラ26によって光ファイバ60 aからの第1光信号を分散補償器24を介して光カプラ20へ分岐する一方、光カプラ21で分波された第2光信号を光ファイバ60 aへ分岐するとともに、光カプラ27によって光ファイバ60 bからの第2光信号を分散補償器25を介して光カプラ20へ分岐する一方、光カプラ21で分波された第2光信号を光ファイバ60 bへ分岐するようになっている。

【0139】なお、この場合、非常時側の第2方向変換処理部3 Aにおいても、上述の第2方向変換処理部3

（図1参照）に設けられた光サーキュレータ32, 33の代わりに光カプラ36, 37を用いて構成することができる。そのため、非常時には、上述の光サーキュレータ32, 33とほぼ同様に、動作するようになっている。また、この光カプラ36, 37も波長多重／分離型光カプラとして構成されている。

【0140】このように、上述の双方向光通信用光伝送装置61によれば、光カプラ26, 27, 36, 37を用いて構成することができるので、高価な光サーキュレータ22, 23, 32, 33を用いるのに比べて、回路全体のコストを削減することができ、ひいては、光伝送装置を構成する際のコストを削減することができる。

(c) 第1実施形態の第2変形例の説明図10は本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用伝送装置の第2

変形例を示すブロック図である。

【0141】上述に示す双方向光通信光伝送装置60, 61では、双方向に伝送される光信号を1×2WDM光カプラ20, 21（非常時には、光カプラ30, 31）を用いて単方向にまとめているが、ここでは、図10に示すように、2×2WDM光カプラ28（非常時には、2×2WDM光カプラ38）を用いて双方向光通信光伝送装置62を構成している。

【0142】具体的に、この図10に示す双方向光通信光伝送装置62は、通常時用の光ファイバ60a', 60b' と非常時用の光ファイバ60c', 60d' とに介装され、これらの光ファイバ60a' ~60d' を伝送される光信号に対して所定の光伝送処理を施すもので、光カプラ28, 38, 光ADM装置1Bをそなえて構成されている。

【0143】ここで、光カプラ28は、光ファイバ60a' に接続される第1入出力ポート28aと、光ファイバ60b' に接続される第2入出力ポート28bと、光ADM装置1Bの通常時入力ポート1Baに接続される第3入出力ポート28cと、光ADM装置1Bの通常時出力ポート1Bbに接続される第4入出力ポート28dとを有する波長多重／分離型光カプラとして構成されるものである。

【0144】具体的に、この光カプラ28は、第1入出力ポート28aに入力される第1光信号と第2入出力ポート28bに入力される第2光信号とを波長多重して第3入出力ポート28cへ出力する一方、第4入出力ポート28dに入力される光信号処理済の光信号のうちの第1光信号を第2入出力ポート28bへ出力するとともに第2光信号を第1入出力ポート28aへ出力するようになっている。

【0145】即ち、この光カプラ28は、第1光信号（即ち、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光信号）をスルーし、第2光信号（即ち、波長 $\lambda_{n+1} \sim \lambda_m$ の光信号）をクロスするように構成されているので、双方向に伝送される光信号を単一方向化あるいは双方向化することができるのである。また、光カプラ38は、光ファイバ60c' に接続される非常時第1入出力ポート38aと、光ファイバ60d' に接続される非常時第2入出力ポート38bと、光ADM装置1Bの非常時入力ポート1Bcに接続される非常時第3入出力ポート38cと、光ADM装置1Bの非常時出力ポート1Bdに接続される非常時第4入出力ポート38dとを有する波長多重／分離型光カプラとして構成されるものである。

【0146】具体的に、この光カプラ38は、非常時第1入出力ポート38aに入力される第1光信号と非常時第2入出力ポート38bに入力される第2光信号とを波長多重して非常時第3入出力ポート38cへ出力する一方、非常時第4入出力ポート38dに入力される光信号のうちの第1光信号を非常時第2入出力ポ

ート38bへ出力するとともに第2光信号を非常時第1入出力ポート38aへ出力するようになっている。

【0147】即ち、この光カプラ38も光カプラ28と同様に、双方向に伝送される光信号を単一方向化あるいは双方向化することができるのである。また、この図10に示す光ADM装置1Bは、例えば、図11に示すように構成されている。この図11に示す光ADM装置1Bは、上述の図2に示す光ADM装置1の構成とほぼ同様で、図2に示す光ADM装置1とは、光ファイバ60a' から入力されてくる光信号の分散を補償する分散補償器（分散補償ファイバ；DCF）120と光ファイバ60c' から入力されてくる光信号の分散を補償する分散補償器121とを設けた点が異なる。

【0148】なお、上述の分散補償器120, 121は、単一方向化された第1光信号と第2光信号についての分散を一括して補償する一括分散補償部として機能するようになっている。即ち、ここでは、双方向の光信号を光カプラ28, 38においてまとめてから光ADM装置1Bに入力しているため、光ADM装置1Bに入力されてから、光信号の分散を補償する必要があるのである。

【0149】従って、上述の双方向光通信光伝送装置60, 61（図1, 図9参照）のように、第1光信号と第2光信号とを光ADM装置1に入力する前に、それぞれ別々に分散補償しているものとは異なり、双方向の光信号を光カプラ28, 38で一括にまとめてから分散補償しているため、双方向から伝送されてくる第1光信号と第2光信号の伝送距離をほぼ一定にしなければならない。

【0150】即ち、第1光信号の分散と第2光信号の分散を同じにするか、あるいは、第1光信号の分散と第2光信号の分散とを所定の許容量以下にしないためには、図10に示す双方向光通信光伝送装置62を用いる場合には、各ノード間（光ADM装置間）の距離をほぼ一定にしてネットワークを構成するようになっている。

【0151】なお、光信号の伝送速度が2.5Gb/s以下である場合には、分散補償せずに比較的長距離に伝送することができるので、伝送距離によっては分散補償器120, 121を設けなくてもよい。また、ここでは、分散補償器120, 121として、分散補償ファイバを用いているが、ファイバブラッググレーティングを用いるようにしてもよい。

【0152】具体的に、この図10に示す双方向光通信光伝送装置62を適用したネットワークは、例えば、図12に示すように構成される。この図12では、双方向光通信光伝送装置62, 62A~62Dによって2FiberBLSRネットワーク54を構成している。この図12において、符号64A, 64Bは、それぞれ双方向光増幅器で、双方に伝送される光信号に対して光

増幅処理を施すようになっている。

【0153】なお、例えば、上述した4 Fiber BLSRネットワーク52を構成する各光ADM装置501～505（図21参照）に上記光カプラ28を追加するだけで、例えば、図12に示すように構成がシンプルな2 Fiber BLSRネットワーク54を構成することができる。これにより、例えば、図13に示すように、光ADM装置62、光ADM装置62A間が完全に通信断となった場合においても、通信不能になることなく通常時と同様な通信が行なえるのである。

【0154】即ち、2本の単方向用光ファイバ81A、81Bにより構成されるUPSRネットワーク（図22参照）のように、スループットを落とすことなく伝送容量を確実に確保した通信を行なうことができるのである。以下、上述のごとく構成された本発明の第1実施形態の第2変形例にかかる双方向光通信用光伝送装置62の動作について説明する。

【0155】（c1）通常時の動作

まず、この双方向光通信用光伝送装置62では、通常時、第1光信号（ $\lambda_1 \sim \lambda_i$ ）が光ファイバ60a'を 20 通じて入力されてくると、この第1光信号は光カプラ28の第1入出力ポート28aから入力する。一方、第2光信号（ $\lambda_s \sim \lambda_j$ ）が光ファイバ60b'を 通じて入力されてくると、この第2光信号は光カプラ28の第2入出力ポート28bから入力する。

【0156】すると、光カプラ28では、入力された第1光信号と第2光信号とを光波長多重して単一方向化する。即ち、第1光信号をスルーするとともに、第2光信号をクロスする。そして、この単一方向化した光信号を第3光入出力ポート28cから出力して、光ADM装置 1Bの通常時入力ポート1Baから入力し、光ADM 30 装置1Bではこの2つの光信号に所定の光信号処理を施す。なお、この光ADM装置1Bによる処理は後述する。

【0157】その後、この光ADM装置1Bの通常時出力ポート1Bbから光信号処理済の光信号が出力されると、この光信号を光カプラ28の第4入出力ポート28dから入力し、光カプラ28において双方化する。即ち、第1光信号はスルーするとともに、第2光信号はクロスする。そして、第1光信号は第2入出力ポート28 40 bから出力されて光ファイバ60b'へ出力する一方、第2光信号は第1入出力ポート28aから出力されて光ファイバ60a'へ出力する。

【0158】なお、このとき、上述の光ADM装置1Bでは、図11に示すように、通常時においては、双方向化されて伝送されてきた第1光信号、第2光信号は、通常時入力ポート1Baから入力されると、分散補償器 120において分散を補償したのち、光スイッチ101をスルーし、光カプラ102において光信号の一部をSVOR103に送信し、SVOR103によって何れの

波長の光信号を分岐すべきかを選択する。

【0159】その後、光ADM装置1Bでは、光増幅器104において光信号を増幅したのち、リニアADM部105において、上記SVOR103によって選択された波長の光信号を分岐し、この分岐された波長の光信号を挿入する。続いて、この分岐・挿入処理を施した光信号は、光カプラ106において、SVOS107からのSV信号を重畳したのち、光スイッチ108をスルーし、光増幅器109で増幅する。

10 【0160】それから、光カプラ110にて光信号の一部を光スペクトルモニタ111に分岐するとともに、次の光ADM装置（図示略）に送信する。光スペクトルモニタ111では、波長のずれや信号の分岐・挿入の状態を監視する。つまり、ここでは、上述の各実施形態に示す光ADM装置1、1A、1Bで処理された内容に対し、分散補償器120による分散補償処理が加えられる。

【0161】（c2）通常時の伝送路の入力側近傍において障害が発生した場合ここで、図10に示す双方向光通信用光伝送装置62と、この双方向光通信用光伝送装置62の光ファイバ60a'、60d'と接続されて隣接する双方向光通信用光伝送装置（符号62A；図12参照）との間において、例えば、図13に示すように、障害が発生して通信断となった場合における双方向光通信用光伝送装置62の動作について説明する。

【0162】この場合、光ファイバ60a'からは第1光信号が入力されず、光ファイバ60c'が 入力される。即ち、通信断となった光ファイバ60a'、60d'に接続されている双方向光通信用光伝送装置62Aにて折り返された第1光信号がネットワークリング上の他の双方向光通信用光伝送装置62B～62Dを介してこの双方向光通信用光伝送装置62の非常時用の光ファイバ60c'から入力される。

【0163】そして、光ファイバ60c'から第1光信号が入力されると、この第1光信号は、光カプラ38の非常時第1入出力ポート38aから入力し、スルーして、非常時第3入出力ポート38cから出力し、光ADM装置1Bの非常時入力ポート1Bcからこの光ADM装置1Bに入力する。すると、光ADM装置1Bにおいて、この第1光信号は、図11に示すように、分散補償器121において分散を補償したのち、光スイッチ108をスルーし、SVOR113において、光カプラ112によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第1光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0164】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第1光信号を光スイッチ108により光ファイバ60b'側へ折り返し、光増幅部109により増幅したのち、光カプラ110を介して、通常時出力ポート1Bbから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場

合、例えば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、光カプラ114によって第1光信号にSV信号を重疊したのち、光スイッチ101によって光ファイバ60b'側へ折り返し、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。

【0165】なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、第1光信号をリニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重疊したのち、光スイッチ108をスルーし、光増幅部109、光カプラ110、光スペクトルモニタ111による処理を施したのち、通常時出力ポート1Bbから出力する。

【0166】その後、この通常時出力ポート1Bbから出力した第1光信号は、光カプラ28をスルーして光ファイバ60b'から出力される。一方、第2光信号については、光ファイバ60b'を通じて入力されると、光カプラ28の第2入出力ポート28bから入力し、クロスして、第3入出力ポート28cから出力し、光ADM装置1Bの通常時入力ポート1Baからこの光ADM装置1Bに入力する。

【0167】すると、光ADM装置1Bにおいて、この第2光信号は、分散補償器120において分散を補償したのち、光スイッチ101をスルーし、SVOR103において、光カプラ102によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第2光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第2光信号を光スイッチ101により光ファイバ60d'側へ折り返し、光増幅部116により増幅したのち、光カプラ117を介して、非常時出力ポート1Bdから出力する。

【0168】また、分岐・挿入処理を施す場合、例えば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、第2光信号をリニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重疊したのち、光スイッチ108を光ファイバ60d'側へ折り返し、光カプラ112、114、光スイッチ101、光増幅器116、光カプラ117、光スペクトルモニタ118を介したのち、ゲインイコライザ119によって光信号のゲインを調整して非常時出力ポート1Bdから出力する。

【0169】その後、この出力された第2光信号は、光カプラ38をクロスして、光ファイバ60c'から出力される。即ち、双方向光通信用光伝送装置62、62A間において通信断となった場合、通常用の光ファイバ60b'と非常時用の光ファイバ60c'とを使用して、光通信を行なうのである。

【0170】(c3) 通常時の伝送路の出力側近傍において障害が発生した場合

次に、図10に示す双方向光通信用光伝送装置62と、この双方向光通信用光伝送装置62の光ファイバ60b'、60c'と接続されて隣接する双方向光通信用光伝送装置(符号62D;図12参照)との間において障害が発生して通信断となった場合における双方向光通信用光伝送装置62の動作について説明する。

【0171】この場合、第1光信号は、光ファイバ60a'から入力される。そして、光カプラ28の第1入出力ポート28aから入力し、スルーして、第3入出力ポート28cから出力し、光ADM装置1Bの通常時入力ポート1Baからこの光ADM装置1Bに入力する。すると、光ADM装置1Bにおいて、この第1光信号は、分散補償器120により分散を補償したのち、光スイッチ101をスルーし、SVOR103において、光カプラ102によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第1光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0172】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第1光信号を光スイッチ101により光ファイバ60d'側へ折り返し、光増幅部116により増幅したのち、光カプラ117を介して、非常時出力ポート1Bdから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合、例えば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。

【0173】なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、第1光信号をリニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重疊したのち、光スイッチ108を光ファイバ60d'側へ折り返し、光カプラ112、114、光スイッチ101、光増幅器116、光カプラ117、光スペクトルモニタ118を介したのち、ゲインイコライザ119によって光信号のゲインを調整して非常時出力ポート1Bdから出力する。

【0174】一方、第2光信号については、光ファイバ60b'からは入力されず、光ファイバ60d'から入力される。即ち、通信断となった光ファイバ60b'、60c'に接続されている双方向光通信用光伝送装置62Dにて折り返された第2光信号がネットワークリング上の他の双方向光通信用光伝送装置62C、62B、62Aを介してこの双方向光通信用光伝送装置62の非常時用の光ファイバ60d'から入力される。

【0175】そして、光ファイバ60d'から第2光信号が入力されると、この第2光信号は光カプラ38の非常時第4入出力ポート38bから入力し、クロスして、非常時第3入出力ポート38cから出力し、光ADM装置1Bの非常時入力ポート1Bcから入力す

る。すると、光ADM装置1Bにおいて、この第2光信号は、分散補償器121により分散を補償したのち、光スイッチ108をスルーし、SVOR113において、光カプラ112によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第2光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0176】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第2光信号を光スイッチ108により光ファイバ60b'側へ折り返し、光増幅部109、光カプラ110を介して通常時出力ポート1Bbから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合、例えば、全ての波長の光信号を分岐する場合は、光カプラ114によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ101によって光ファイバ60b'側へ折り返し、通常時と同様に各部102~104による処理を経て、リニアADM部105によって全ての信号を分岐して受信する。

【0177】なお、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合は、リニアADM部105によって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108をスルーし、光増幅部109、光カプラ110、光スペクトルモニタ111による処理を施したのち、通常時出力ポート1Bbから出力する。

【0178】その後、この出力された第2光信号は、光カプラ28をクロスして、光ファイバ60a'から出力される。即ち、双方向光通信用光伝送装置62、62B間において通信断となった場合、通常用の光ファイバ60a'と非常時の光ファイバ60d'とを使用して、光通信を行なうのである。

【0179】(c4)近傍にないある箇所において障害が発生した場合

次に、上述の双方向光通信用光伝送装置62、62A間や双方向光通信用光伝送装置62、62D間ではなく、それ以外の箇所において障害が発生した場合の双方向光通信用光伝送装置62の動作について説明する。なお、この場合も、第1実施形態と同様に、通常時、非常時の両方の光ファイバ60a'~60d'を全て利用して光信号を伝送する。

【0180】つまり、第1光信号について、双方向光通信用光伝送装置62Aから送信される第1光信号は、光ファイバ60a'から入力される。その後、光カプラ28をスルーして、通常時入力ポート1Baから光ADM装置1Bに入力する。すると、光ADM装置1Bでは、分散補償器120において、この第1光信号の分散を補償したのち、光スイッチ101をスルーし、各部102~111によって、分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を施し、通常時出力ポート1Bbから出力する。その後、この出力された第1光信号は、光カプラ28をスルーして光ファイバ60b'から出力する。

【0181】一方、双方向光通信用光伝送装置62Dか

ら送信される第1光信号は、光ファイバ60c'から入力される。そして、光カプラ38をスルーして非常時入力ポート1Bcから光ADM装置1Bに入力する。すると、光ADM装置1Bでは、分散補償器121において、この第1光信号の分散を補償したのち、光スイッチ108をスルーし、各部112~115の各処理を施したのち、光スイッチ101もスルーして、各部116~119の各処理を施したのち、非常時出力ポート1Bdから出力する。その後、この出力された第1光信号は、光カプラ38をスルーして光ファイバ60d'から出力される。

【0182】即ち、第1光信号の分岐・挿入処理は、上述の双方向光通信用光伝送装置62Aからの通常時の光ファイバ60a'、60b'上を伝送しているときに行なっているので、双方向光通信用光伝送装置62Dから送信されたときには通過するだけでよい。つまり、光ファイバ60c'、60d'では、分散補償を行ない、SV信号の読み書きを行なったのち、光信号を増幅して送出している。

【0183】次に、第2光信号について、双方向光通信用光伝送装置62Dから送信される第2光信号は、光ファイバ60b'から入力される。その後、光カプラ28をクロスして通常時入力ポート1Baから光ADM装置1Bに入力する。すると、光ADM装置1Bでは、分散補償器120において、この第2光信号の分散を補償したのち、光スイッチ101をスルーし、各部102~111によって、分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を施し、通常時出力ポート1Bbから出力する。その後、この出力された第2光信号は、光カプラ28をクロスして光ファイバ60a'から出力する。

【0184】一方、双方向光通信用光伝送装置62Aから送信される第2光信号は、光ファイバ60d'を通じて入力される。その後、光カプラ38をクロスして、非常時入力ポート1Bcから光ADM装置1Bに入力する。すると、光ADM装置1Bでは、分散補償器121において、この第2光信号の分散を補償したのち、光スイッチ108をスルーし、各部112~115の各処理を施したのち、光スイッチ101もスルーして、各部116~119の各処理を施したのち、非常時出力ポート1Bdから出力する。その後、この出力された第2光信号は、光カプラ38をスルーして光ファイバ60c'から出力される。

【0185】即ち、第2光信号の分岐・挿入処理は、上述の双方向光通信用光伝送装置62Aから通常時の光ファイバ60a'、60b'上を伝送しているときに行なっているので、双方向光通信用光伝送装置62Dから送信されたときには通過するだけでよい。つまり、光ファイバ60c'、60d'では、分散補償を行ない、SV信号の読み書きを行なったのち、光信号を増幅して送出している。

10

20

30

40

50

【0186】このように、上述の双方向光通信用光伝送装置62によれば、2×2光カプラ28、38を用いて双方向に伝送される光信号の単一方向化および双方向化を行なっているので、回路構成の簡素化を図ることができる。従って、光通信システム全体の縮小化を図ることができる利点がある。また、第1光信号の分散と第2光信号の分散とを一括して補償しているので、この場合も同様に、回路構成の簡素化を図ることができる。

【0187】(d)第2実施形態の説明

図14は本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置63の構成を示すブロック図で、この図14に示す双方向光通信用光伝送装置(光ADM装置)63は、上り方向と下り方向とで異なる波長の光信号を伝送することにより双方向の光通信を行なう光ファイバ(双方向通信用光伝送路)60e、60fに介装され、これらの光ファイバ60e、60fを伝送される光信号に対して所定の光伝送処理を施すもので、第1光ADM部1C、第2光ADM部1D、光カプラ22A、23A、光スペクトルモニタ122をそなえて構成されている。

【0188】ここで、第1光ADM部(第1光信号処理部)1Cは、上り方向の光信号(第1光信号; $\lambda_1 \sim \lambda_n$)に対して所定の光信号処理を施すものであり、第2光ADM部(第2光信号処理部)1Dは、下り方向の光信号(第2光信号; $\lambda_s \sim \lambda_n$)に対して所定の光信号処理を施すものである。つまり、第1実施形態では、既存の光ADM装置1、1A、1B(図1、図9、図10参照)を用いて双方向に伝送される光信号に所定の光伝送処理を行なっていたのに対し、本第2実施形態では、光ADM装置自体の構成を双方向光通信対応にしているのである。なお、各光ADM部1C、1Dについては、後述することにする。

【0189】また、光カプラ(第1分岐部)22Aは、光ファイバ60eを通じて入力される第1光信号を第1光ADM部1Cへ分岐する一方、第2光ADM部1Dからの第2光信号を光ファイバ60eへ分岐するものであり、光カプラ(第2分岐部)23Aは、光ファイバ60fを通じて入力される第2光信号を第2光ADM部1Dへ分岐する一方、第1光ADM部1Cからの第1光信号を光ファイバ60fへ分岐するものである。

【0190】つまり、これらの光カプラ22A、23Aによって、通常時に光ファイバ60e、60fを双方向に伝送する第1光信号、第2光信号を切りわけて、それぞれ、別々に所定の光伝送処理を施すことができるようになっている。ここで、上述の第1光ADM部1Cについて詳述する。具体的に、第1光ADM部1Cは、図14に示すように、分散補償器24A、光スイッチ101A、光カプラ102、監視信号受信部(SVOR)103、光増幅器104、リニアADM部105A、光カプラ106、監視信号送信部(SVOS)107、光スイッチ108A、光増幅器109をそなえて構成されてい

る。なお、既述の符号と同一の符号を付したものはそれぞれ前述したものとほぼ同様のものであるため、詳細な説明については省略する。

【0191】また、分散補償器(第3分散補償器)24Aは、光ファイバ60eを通じて入力される第1光信号についての分散を補償するものであり、光スイッチ(第1折り返し光スイッチ)101Aは、光ファイバ60fを通じての双方向通信が不可能になった時に、光ファイバ60eを通じて入力される第1光信号を後述する非常時用の光ファイバ60g、60hへ折り返すもので、通常時は、スルーするようになっている。

【0192】さらに、リニアADM部(アド・ドロップ処理部)105Aは、入力光信号に対して波長単位での光信号の分岐・挿入処理(アド・ドロップ処理)を施すもので、上述のリニアADM部105(図2参照)と同様に構成されている。そのため、光分波器45、分岐用光スイッチ46-1~46-n、挿入用光スイッチ47-1~47-n、光アッテネータ48-1~48-n、光合波器49をそなえ(図14においては符号略)、リニアADM部105と同様に機能するようになっている。

【0193】なお、このリニアADM部105Aによる分岐・挿入処理は、リニアADM部105と同様に、AOTF(音響光チューナブルフィルタ;図3の符号7参照)や導波路型回折格子(AWG)またはファイバブラッググレーティングによって行なうようにしてもよい。また、光スイッチ(第1折り返し光スイッチ)108Aは、上述の光スイッチ101Aと同様に、光ファイバ60fを通じての双方向通信が不可能になった時に、光ファイバ60eを通じて入力される第1光信号を後述する非常時用の光ファイバ60g、60hへ折り返すもので、通常時は、スルーするようになっている。

【0194】ところで、この双方向光通信用光伝送装置63は、光ファイバ60e、60fによる双方向通信が不可能になった非常時に、この光ファイバ60e、60fに代わって双方向通信を行なうための光ファイバ(非常時双方向通信用光伝送路)60g、60hに介装され、所定の光信号処理を行なうようになっている。なお、このときも、第1光ADM部1Cと第2光ADM部1Dを用い、非常時に光ファイバ60g、60hを双方向に伝送する光信号は光カプラ32A、33Aによって切り分けられている。

【0195】そのため、第1光ADM部1Cは、図14に示すように、分散補償器34A、光スイッチ108A、光カプラ112、監視信号受信部(SVOR)113、光カプラ114、監視信号送信部(SVOS)115、光スイッチ101A、光増幅器116、ゲインイコライザ119Aをそなえて構成されている。なお、既述の符号と同一の符号を付したものはそれぞれ前述したものとほぼ同様のものであるため、詳細な説明について

は省略する。

【0196】ここで、分散補償器（第5分散補償器）34Aは、非常時に他の光伝送装置で折り返され光ファイバ60gを通じて入力される第1光信号についての分散を補償するものである。つまり、この第1光ADM部1Cでは、通常時に入力される第1光信号の分散と非常時に入力される第1光信号の分散とを、それぞれ、分散補償器24A、34Aによって別々に補償することができるようになっているのである。

【0197】また、ゲインイコライザ119Aは、非常時に光スイッチ101Aや108Aで、光ファイバ60hへ折り返された第1光信号の信号レベルを一定に保つもので、波長単位で第1光信号のゲインを調整するようになっている。即ち、このゲインイコライザ119Aは非常時光信号レベル調整部として機能しているものである。

【0198】また、上述の図14に示す第2光ADM部1Dは、例えば、分散補償器25A、光スイッチ101B、光カプラ102、監視信号受信部（SVOR）103、光増幅器104、リニアADM部105B、光カプラ106、監視信号送信部（SVOS）107、光スイッチ108B、光増幅器109をそなえて構成されている。なお、既述の符号と同一の符号を付したものはそれぞれ前述したものとはほぼ同様のものであるため、詳細な説明については省略する。

【0199】ここで、分散補償器（第4分散補償器）25Aは、光ファイバ60fを通じて入力される第2の光信号についての分散を補償するものであり、光スイッチ（第2折り返し光スイッチ）101Bは、光ファイバ60eを通じての双方向通信が不可能になった時に、光ファイバ60fを通じて入力される第2光信号を非常時用の光ファイバ60gへ送信するために折り返すもので、通常時は、スルーするようになっている。

【0200】さらに、リニアADM部（アド・ドロップ処理部）105Bは、入力光信号に対して波長単位での光信号の分岐・挿入処理（アド・ドロップ処理）を施すもので、これも上述のリニアADM部105（図2参照）と同様に構成されている。そのため、光分波器45、分岐用光スイッチ46-1～46-n、挿入用光スイッチ47-1～47-n、光アッテネータ48-1～48-n、光合波器49をそなえ（図14においては符号略）、リニアADM部105と同様に機能するようになっている。

【0201】なお、このリニアADM部105Bによる分岐・挿入処理も、リニアADM部105、105Aと同様に、AOTFや導波路型回折格子（AWG）またはファイバブラッググレーティングによって行なうようにしてもよい。また、光スイッチ（第2折り返し光スイッチ）108Bは、上述の光スイッチ101Aと同様に、光ファイバ60eを通じての双方向通信が不可能になっ

た時に、光ファイバ60fを通じて入力される第2光信号を非常時用の光ファイバ60gへ送信するために折り返すもので、通常時は、スルーするようになっている。

【0202】さらに、この第2光ADM部1Dは、上述の第1光ADM部1Cと同様に、光ファイバ60e、60fによる双方向通信が不可能になった非常時に、この光ファイバ60e、60fに代わって双方向通信を行なうための光ファイバ60g、60hに介装されるようになっているため、図14に示すように、分散補償器35A、光スイッチ108B、光カプラ112、監視信号受信部（SVOR）113、光カプラ114、監視信号送信部（SVOS）115、光スイッチ101B、光増幅器116、ゲインイコライザ119Bをそなえて構成されている。なお、既述の符号と同一の符号を付したものはそれぞれ前述したものとはほぼ同様のものであるため、詳細な説明については省略する。

【0203】ここで、分散補償器（第6分散補償器）35Aは、非常時に他の光伝送装置で折り返され光ファイバ60hを通じて入力される第2光信号についての分散を補償するものである。つまり、この第2光ADM部1Dでは、通常時に入力される第2光信号の分散と非常時に入力される第2光信号の分散とを、それぞれ、分散補償器25A、35Aによって別々に補償することができるようになっている。

【0204】また、ゲインイコライザ119Bは、非常時に光スイッチ108Bで、光ファイバ60gへ折り返された第2光信号の信号レベルを一定に保つもので、波長単位で第2光信号のゲインを調整するようになっている。即ち、このゲインイコライザ119Bも上述の第1光ADM部1Cに設けられたゲインイコライザ119Aと同様に、非常時光信号レベル調整部として機能しているものである。

【0205】さらに、図14に示す光カプラ（第3分岐部）32Aは、非常時に他の光伝送装置で折り返され光ファイバ60gを通じて入力される第1光信号を第1光ADM部1Cへ分岐する一方、非常時に第2光ADM部1Dからの第2光信号を光ファイバ60gへ分岐するものであり、光カプラ（第4分岐部）33Aは、非常時に他の伝送装置で折り返され光ファイバ60hを通じて入力される第2光信号を第2光ADM部1Dへ分岐する一方、非常時に第1光ADM部1Cからの第1光信号を光ファイバ60hへ分岐するものである。

【0206】つまり、これらの光カプラ32A、33Aによって、非常時に光ファイバ60g、60hを双方向に伝送する第1光信号、第2光信号を切りわけて、それぞれ、別々に所定の光伝送処理を施すことができるようになっている。ところで、図14に示す光スペクトルモニタ（スペクトル監視部）122は、通常時に第1光ADM部1Cで処理された第1光信号、通常時に第2光ADM部1Dで処理された第2光信号、非常時に第1光A

DM部1Cで処理された第1光信号および非常時に第2光ADM部1Dで処理された第2光信号の各スペクトル状態を監視するものである。

【0207】具体的に、この光スペクトルモニタ122は、双方向光通信用光伝送装置63内で処理される全ての光信号（合計4種類の光信号）について、光信号の抜けや波長のずれがあるか否かや、光信号の分岐・挿入処理は正常に動作しているか否かなど、各光信号の8波のスペクトルからその状態を監視（チェック）するようになっている。

【0208】そのため、光伝送処理済の各光信号を検出するために、双方向光通信用光伝送装置63内の伝送路上には、光カブラ123a～123fが設けられている。ここで、光カブラ123aは、通常時に第1光ADM部1Cによって処理された第1光信号を分岐するもので、光カブラ23Aによって第2光信号と合波される手前の位置に設けられている。また、光カブラ123bは、通常時に第2光ADM部1Dによって処理された第2光信号を分岐するもので、光カブラ22Aによって第1光信号と合波される手前の位置に設けられている。

【0209】そして、これらの光カブラ123a、123bによって分岐された光信号は、光カブラ123cによって合波され、光スペクトルモニタ122へ送信されるようになっている。また、光カブラ123dは、非常時に第1光ADM部1Cによって処理された第1光信号を分岐するもので、光カブラ33Aによって第2光信号と合波される手前の位置に設けられている。さらに、光カブラ123eは、非常時に第2光ADM部1Dによって処理された第2光信号を分岐するもので、光カブラ32Aによって第1光信号と合波される手前の位置に設けられている。

【0210】そして、これらの光カブラ123d、123eによって分岐された光信号は、光カブラ123fによって合波され、光スペクトルモニタ122へ送信されるようになっている。また、この光スペクトルモニタ122は、光カブラ123cにより送信されてくる通常時における各光信号のスペクトル状態と、光カブラ123fにより送信されてくる非常時における各光信号のスペクトル状態とを所定の周期で交互に監視するようになり、この監視の切り分けは、光スペクトルモニタスイッチ（2×1スイッチ）123によって行なわれるようになっている。

【0211】つまり、光スペクトルモニタスイッチ123によって、入力されてくる何れかの光信号を交互に切り替えることができるので、光スペクトルモニタ122を1台そなえるだけで複数箇所の光信号を監視することができるのである。具体的に、上述の光スペクトルモニタスイッチ123は、通常時には光カブラ123cからの光信号のみを監視するようになり、非常時には、光スペクトルモニタスイッチ123を切り替えなが

ら、光カブラ123cからの光信号と光カブラ123fからの光信号を交互に監視するようになっている。

【0212】なお、この場合、光スペクトルモニタ122による各光信号の監視は、例えば、1秒毎に行なうようになり、光スペクトルモニタスイッチ123による切り替え速度（スイッチング速度）は、既存の2×1光カブラで充分に対応できる。そのため、双方向光通信用光伝送装置63では、1台の光スペクトルモニタ122で同時に4箇所の信号を監視することができるので、装置全体のコストを削減することができるのである。

【0213】以下、上述のごとく構成された本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置63の動作について、図15～図18を用いて説明する。

（d1）通常時の動作

まず、双方向光通信用光伝送装置63では、通常時、図15に示すように、第1光信号（ $\lambda_1 \sim \lambda_i$ ）が光ファイバ60eから入力されてくると、この第1光信号を光カブラ22Aによって第1ADM装置1C側へ分岐する。そして、分散補償器24Aによって分散を補償したのち、各部101A～109により、分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を行なう。この場合、光スイッチ101A、108Aはスルーする。

【0214】その後、この第1光ADM部1Cにおいて光伝送処理が施された第1光信号を、光カブラ23Aによって光ファイバ60f側へ分岐して出力する。一方、第2光信号（ $\lambda_s \sim \lambda_r$ ）が光ファイバ60fから入力されてくると、この第2光信号を光カブラ23Aによって第2ADM部1D側へ分岐する。そして、分散補償器25Aによって分散を補償したのち、各部101B～109により、分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を行なう。この場合、光スイッチ101B、108Bはスルーする。

【0215】その後、この第2光ADM部1Dにおいて光伝送処理が施された第2光信号を、光カブラ22Aによって光ファイバ60e側へ分岐して出力する。なお、このとき、光スペクトルモニタ122では、第1ADM装置1C、第2ADM装置1Dにおいて光伝送処理された各光信号を、光カブラ123a、123bにより一部分岐し、光カブラ123cによって合波して監視する。

【0216】（d2）通常時の伝送路の入力側近傍において障害が発生した場合

ここで、図14に示す双方向光通信用光伝送装置63と、この双方向光通信用光伝送装置63の光ファイバ60e、60hと接続されて隣接する双方向光通信用光伝送装置（図示略；63Aとする）との間において障害が発生して通信断となった場合における双方向光通信用光伝送装置63の動作について、図16を用いて説明する。

【0217】この場合、光ファイバ60eからは第1光

信号が入力されず、光ファイバ60gから入力される。即ち、通信断となった光ファイバ60e、60hに接続されている双方向光通信光伝送装置63Aにて折り返された第1光信号がネットワークリング上の他の双方向光通信光伝送装置(図示略)を介してこの双方向光通信光伝送装置63の非常時用の光ファイバ60gから入力される。

【0218】そして、光ファイバ60gから第1光信号が入力されると、この第1光信号を光カプラ32Aにおいて分岐し、分散補償器34Aによって分散を補償したのち、光スイッチ108Aをスルーし、SVOR113において、光カプラ112によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第1光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0219】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第1光信号を光スイッチ108Aにより光ファイバ60f側へ折り返し、光増幅部109により増幅したのち、光カプラ23Aを介して、光ファイバ60fから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合のうち、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、第1光信号を光スイッチ101Aによって光ファイバ60f側へ折り返し、通常時と同様に、各部102~104による処理を経て、リニアADM部105Aによって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108Aをスルーし、光増幅部109、光カプラ23Aを介して、光ファイバ60fから出力する。

【0220】なお、全ての波長の光信号を分岐する場合は、光カプラ114によって第1光信号にSV信号を重畳したのち、光スイッチ101Aによって光ファイバ60f側へ折り返し、通常時と同様に各部102~104による処理を経て、リニアADM部105Aによって全ての信号を分岐して受信する。図16に示す太線は、この全ての信号を受信した場合を示している。

【0221】一方、第2光信号については、光ファイバ60fから入力される。その後、この第2光信号を光カプラ23Aにおいて第2光ADM部1D側へ分岐し、分散補償器25Aによって分散を補償したのち、光スイッチ101Bをスルーし、SVOR103において、光カプラ102によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第2光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0222】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第2光信号を光スイッチ101Bにより光ファイバ60g側へ折り返し、光増幅部116により増幅したのち、ゲインイコライザ119B、光カプラ32Aを介して、光ファイバ60gから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合のうち、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、光スイッチ101Bをスルーし、第2光信号をリニアADM部105Bによって通常時と

同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108Bを光ファイバ60g側へ折り返し、光カプラ112、114、光スイッチ101B、光増幅器116、ゲインイコライザ119B、光カプラ32Aを介して、光ファイバ60gから出力する。

【0223】なお、全ての波長の光信号を分岐する場合は、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105Bによって全ての信号を分岐して受信する。即ち、双方向光通信光伝送装置63、63A間において通信断となった場合には、通常時用の光ファイバ60fと非常時用の光ファイバ60gとを使用して光通信を行なうようになっている。

【0224】(d3) 通常時の伝送路の出力側近傍において障害が発生した場合

次に、図14に示す双方向光通信光伝送装置63と、この双方向光通信光伝送装置63の光ファイバ60g、60fと接続されて隣接する双方向光通信光伝送装置(図示略; 63Bとする)との間において障害が発生して通信断となった場合における双方向光通信光伝送装置63の動作について、図17を用いて説明する。

【0225】この場合、第1光信号は、光ファイバ60eから入力される。その後、光カプラ22Aにおいて第1光ADM部1C側へ分岐し、分散補償器24Aによって分散を補償したのち、光スイッチ101Aをスルーし、SVOR103において、光カプラ102によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第1光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0226】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第1光信号を光スイッチ101Aにより光ファイバ60h側へ折り返し、光増幅部116、ゲインイコライザ119A、光カプラ33Aを介して、光ファイバ60hから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合のうち、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合、光スイッチ101Aをスルーし、第1光信号をリニアADM部105Aによって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108Aを光ファイバ60h側へ折り返し、光カプラ112、114、光スイッチ101A、光増幅器116、ゲインイコライザ119、光カプラ33Aを介して、光ファイバ60hから出力する。

【0227】なお、全ての波長の光信号を分岐する場合は、通常時と同様に光カプラ102、SVOR103、増幅器104による処理を経て、リニアADM部105Aによって全ての信号を分岐して受信する。一方、第2光信号については、光ファイバ60fからは入力されず、光ファイバ60hから入力される。即ち、通信断となった光ファイバ60f、60gに接続されている双方

10

20

30

40

50

向光通信用光伝送装置63Bにて折り返された第2光信号がネットワークリング上の他の双方向光通信用光伝送装置(図示略)を介してこの双方向光通信用光伝送装置63の非常時用の光ファイバ60hから入力される。

【0228】そして、光ファイバ60hから第2光信号が入力されると、光カプラ33Aにおいて第2光ADM部1D側へ分岐し、分散補償器35Aによって分散を補償したのち、光スイッチ108Bをスルーし、SVOR113において、光カプラ112によって一部分岐されて受信した光信号からSV信号を読み取り、この第2光信号に分岐・挿入処理を施すか否かを検出する。

【0229】その結果、分岐・挿入処理を施さない場合は、この第2光信号を光スイッチ108Bにより光ファイバ60e側へ折り返し、光増幅部109、光カプラ22Aを介して、光ファイバ60eから出力する。また、分岐・挿入処理を施す場合のうち、一部の波長の光信号の分岐・挿入処理する場合は、光スイッチ101Bをスルーし、各部112~114による処理を経て、光スイッチ101Bを折り返し、リニアADM部105Bによって通常時と同様に分岐・挿入処理を施し、光カプラ106によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ108Bをスルーし、光増幅部109、光カプラ22Aを介して、光ファイバ60eから出力する。

【0230】なお、全ての波長の光信号を分岐する場合は、光カプラ114によってSV信号を重畳したのち、光スイッチ101Bによって光ファイバ60e側へ折り返し、通常時と同様に各部102~104による処理を経て、リニアADM部105Bによって全ての信号を分岐して受信する。図17に示す太線は、この全ての信号を受信した場合を示している。

【0231】即ち、双方向光通信用光伝送装置63、63B間において通信断となった場合、通常用の光ファイバ60eと非常時用の光ファイバ60hとを使用して、光通信を行なうのである。

(d4) 近傍にないある箇所において障害が発生した場合

次に、上述の双方向光通信用光伝送装置63、63A間や双方向光通信用光伝送装置63、63B間ではなく、それ以外の箇所において障害が発生した場合の双方向光通信用光伝送装置63の動作について、図18を用いて説明する。

【0232】なお、ある箇所が通信断となっている場合、伝送された光信号は、通信断となった位置から折り返して伝送されるようになっているため(図16、図17参照)、双方向光通信用光伝送装置63がその間に位置する場合、通常時、非常時用の両方の光ファイバ60e~60hを全て利用して光信号を伝送する。即ち、第1光信号、第2光信号ともに、双方向(双方向光通信用光伝送装置63A側、双方向光通信用光伝送装置63B側)から送信され、双方向へ送信するようになってい

る。

【0233】まず、第1光信号について、双方向光通信用光伝送装置63Aから送信される第1光信号は、光ファイバ60eから入力される。その後、光カプラ22Aにおいて第1光ADM部1C側に分岐し、分散補償器24Aによって分散を補償したのち、各部101A~109によって分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を施す。なお、この場合、光スイッチ101A、108Aはスルーする。その後、この第1光信号を、光カプラ23Aを介して光ファイバ60fから出力する。

【0234】一方、双方向光通信用光伝送装置63Bから送信される第1光信号は、光ファイバ60gから入力される。その後、この第1光信号は、光カプラ32Aにおいて第1光ADM部1C側へ分岐し、分散補償器34Aによって分散を補償したのち、各部108A~119Aの処理を施し、光カプラ33Aを介して光ファイバ60hから出力される。なお、この場合、光スイッチ108A、101Aはスルーする。

【0235】即ち、第1光信号の分岐・挿入処理は、上述の双方向光通信用光伝送装置63Aから通常時の光ファイバ60e、60f上を伝送しているときに行なっているため、双方向光通信用光伝送装置63Bから送信されたときには通過するだけでよい。つまり、光ファイバ60g、60hでは、分散補償処理を行ない、SV信号の読み書きを行なったのち、光信号を増幅して送っている。

【0236】次に、第2光信号について、双方向光通信用光伝送装置63Bから送信される第2光信号は、光ファイバ60fから入力される。その後、光カプラ23Aにおいて第2光ADM部1D側へ分岐し、分散補償器25Aによって分散を補償したのち、各部101B~109の処理によって分岐・挿入処理を含む所定の光伝送処理を施す。なお、この場合、光スイッチ101B、108Bはスルーする。その後、この第2光信号を、光カプラ22Aを介して光ファイバ60eから出力する。

【0237】一方、双方向光通信用光伝送装置63Aから送信される第2光信号は、光ファイバ60hを通じて入力される。その後、光カプラ33Aにおいて第2光ADM部1D側へ分岐し、分散補償器35Aによって分散を補償したのち、各部108B~119Bの処理を施したのち、光カプラ32Aを介して光ファイバ60gから出力される。なお、この場合、光スイッチ108B、101Bはスルーする。

【0238】即ち、第2光信号の分岐・挿入処理は、上述の双方向光通信用光伝送装置63Bから通常時の光ファイバ60e、60f上を伝送しているときに行なっているため、双方向光通信用光伝送装置63Aから送信されたときには通過するだけでよい。つまり、この場合も、光ファイバ60g、60hは、分散補償処理を行ない、SV信号の読み書きを行なったのち、光信号を増幅

して送出しているのである。

【0239】通常時用の光ファイバ60e, 60f上を伝送するときには、通常時と同様の処理を施し、非常時用の光ファイバ60g, 60h上を伝送するときには、切り替え処理を行わずにスルーする。このように、上述の双方向光通信光伝送装置63によれば、双方向から伝送される光信号を別々に処理しているので、処理の対象となる光信号数を削減でき、各光ADM部1C, 1Dにおける所定の光伝送処理速度を向上させることができる利点がある。

【0240】また、通常時用の第1光信号、第2光信号、非常時用の第1光信号、第2光信号に対して、それぞれ、分散補償処理を施しているため、ノード間距離（光ADM間距離）を一定にする必要がなく、光通信ネットワークを構築する際の柔軟性に寄与しうる。さらに、通常時用の第1光信号、第2光信号、非常時用の第1光信号、第2光信号のスペクトル状態を1つの光スペクトルモニタ122がまとめて監視しているため、回路構成の縮小化およびコスト削減を図ることができる。

【0241】また、上述の双方向光通信光伝送装置63によれば、第1光ADM部1C、第2光ADM部1Dが、それぞれ、光信号に対して波長単位で光信号の分岐・挿入処理を施しているため、第1光信号および第2光信号の情報を載せた信号を、それぞれ別々に、光の状態のままで処理することができ、本装置63の処理速度を向上させることができる。

【0242】さらに、AOTF7を用いて光信号の分岐・挿入処理を施すこともできるので、システム構築の際の柔軟性に寄与しうる。また、第1光ADM部1C、第2光ADM部1Dが、それぞれ、非常時に折り返された光信号の信号レベルを一定に保っているため、光信号の波長毎のバラツキを確実に無くすることができ、精度の高い光信号を伝送することができる。

【0243】(e)その他

なお、上述した各実施形態に関わらず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0244】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、ネットワーク構成を変えることで双方向に伝送する光信号を単方向化することができるので、既存の単方向光通信の光伝送装置を使用して、双方向に伝送する光信号の分岐・挿入処理や非常時の折り返し処理等を正常に行なうことができ、双方向光通信光伝送装置を低コストで実現することができるという利点がある（請求項1～5）。

【0245】また、本発明によれば、波長多重／分離型光カプラを用いて構成することができるので、回路全体のコストを削減することができ、ひいては、光伝送装置を構成する際のコストを削減することができる（請求項6, 23）。さらに、本発明によれば、波長多重／分離

型光カプラを用いて双方向に伝送される光信号の単方向化および双方向化を行なっているため、回路構成の簡素化を図ることができ、従って、光通信システム全体の縮小化を図ることができる利点がある（請求項7, 24）。

【0246】また、本発明によれば、上り方向の光信号の分散と下り方向の光信号の分散とを一括して補償しているため、この場合も同様に、回路構成の簡素化を図ることができる（請求項8）。さらに、本発明によれば、上り方向の光信号についての分散と下り方向の光信号についての分散とを個別に補償しているため、各ノード間の距離を一定に保つ必要がなく、自由に設定することができ、システム（ネットワーク）構築の際の柔軟性に寄与しうる（請求項9, 10）。

【0247】また、本発明によれば、単方向用光信号処理部により単方向化した光信号に対して波長単位で光信号の分岐・挿入処理を施しているため、情報を載せた信号を光の状態のままで処理することができ、本装置の処理速度を向上させることができる利点がある（請求項11～14, 16）。さらに、本発明によれば、音響光チューナブルフィルタを用いて光信号の分岐・挿入処理を施すこともできるので、システム構築の際の柔軟性に寄与しうる（請求項15, 38）。

【0248】また、本発明によれば、単方向化され光信号処理済の光信号のスペクトル状態を監視しているため、伝送光信号の状況を常に把握することができ、伝送光信号のパワーのバラツキ等を確実に補正したりすることができる（請求項17）。さらに、本発明によれば、非常時においても通常時と同様に所定の光伝送処理を施すことができるため、常に一定のスループットを維持することができ、本装置の伝送能力の向上に寄与しうる（請求項18～22）。

【0249】また、本発明によれば、単方向用折り返し光スイッチによって、入力される上り方向の光信号もしくは下り方向の光信号の伝送方向を切り替えているため、通常時と非常時との伝送方向の切り分けを容易に行なうことができ、本装置の処理速度の向上に寄与しうる（請求項25）。さらに、本発明によれば、非常時に折り返された光信号の信号レベルを一定に保っているため、光信号の波長のバラツキを確実に無くすることができ、精度の高い光信号を伝送することができる利点がある（請求項26, 27）。

【0250】また、本発明によれば、双方向から伝送される光信号を別々に処理しているため、処理の対象となる光信号数を削減でき、第1光信号処理部と第2光信号処理部とにおける所定の光伝送処理速度を向上させることができる利点がある（請求項28～30）。さらに、本発明によれば、通常時用の上り方向の光信号、下り方向の光信号、非常時用の上り方向の光信号、下り方向の光信号に対して、それぞれ、分散補償処理を施している

ので、ノード間距離を一定にする必要がなく、光通信ネットワークを構築する際の柔軟性に寄与しうる（請求項 31～33）。

【0251】また、本発明によれば、通常時用の上り方向の光信号、下り方向の光信号、非常時用の上り方向の光信号、下り方向の光信号のスペクトル状態を1つのスペクトル監視部がまとめて監視しているので、回路構成の縮小化およびコスト削減を図ることができる（請求項 34, 35）。さらに、本発明によれば、第1光信号処理部、第2光信号処理部が、それぞれ、光信号に対して波長単位で光信号の分岐・挿入処理を施しているの

ので、上り方向の光信号および下り方向の光信号の情報を載せた信号を、それぞれ別々に、光の状態のままで処理することができ、本装置の処理速度を向上させることができる（請求項 36, 37, 39～41）。

【0252】また、本発明によれば、第1光信号処理部、第2光信号処理部が、それぞれ、非常時に折り返された光信号の信号レベルを一定に保っているの

ので、光信号の波長毎のパラツキを確実に無くすことができ、精度の高い光信号を伝送することができる（請求項 42, 43）。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態にかかる単方向用光信号処理部の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1実施形態にかかるリニアADM部の他の例を示すブロック図である。

【図4】図3にかかる音響光チューナブルフィルタの構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における通常時の動作を説明するための図である。

【図6】本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図である。

【図7】本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図である。

【図8】本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図である。

【図9】本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の第1変形例を示すブロック図である。

【図10】本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の第2変形例を示すブロック図である。

【図11】図10にかかる双方向光通信用光伝送装置の単方向用光信号処理部の構成を示すブロック図である。

【図12】図10にかかる双方向光通信用光伝送装置により構成されるネットワークを示す図である。

【図13】図10にかかる双方向光通信用光伝送装置により構成されるネットワークにおける非常時の動作を説明するための図である。

【図14】本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の構成を示すブロック図である。

【図15】本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における通常時の動作を説明するための図である。

【図16】本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図である。

【図17】本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図である。

【図18】本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図である。

【図19】単方向波長多重方式を適用した波長多重通信システムの構成を示すブロック図である。

【図20】図19に示す波長多重通信システムにおける非常時の動作を説明するための図である。

【図21】一般的な波長多重通信システムの4Fiber BLSRネットワークの構成を示すブロック図である。

【図22】一般的な波長多重通信システムのUPSRネットワークの構成を示すブロック図である。

【図23】双方向波長多重方式を適用した波長多重通信システムの構成を示すブロック図である。

【図24】図23に示す波長多重通信システムにおける非常時の動作を説明するための図である。

【符号の説明】

1, 1A 光ADM装置（単方向用光信号処理部）

1B 光ADM装置（双方向光通信用伝送装置）

1C 第1光ADM部（第1光信号処理部）

1D 第2光ADM部（第2光信号処理部）

1a, 1Ba 通常時入力ポート

1b, 1Bb 通常時出力ポート

1c, 1Bc 非常時入力ポート

1d, 1Bd 非常時出力ポート

2 第1方向変換処理部（単方向／双方向変換処理部）

3 第2方向変換処理部（非常時単方向／双方向変換処理部）

4, 6 光増幅器（Pre-amp）

5, 18 分散補償器（分散補償ファイバ；DCF）

7 AOTF（Acousto-Optical Tunable Filter；音響光チューナブルフィルタ）

7A 処理部

8, 17 光増幅器（Post-amp）

8a, 9a, 9b 光カプラ

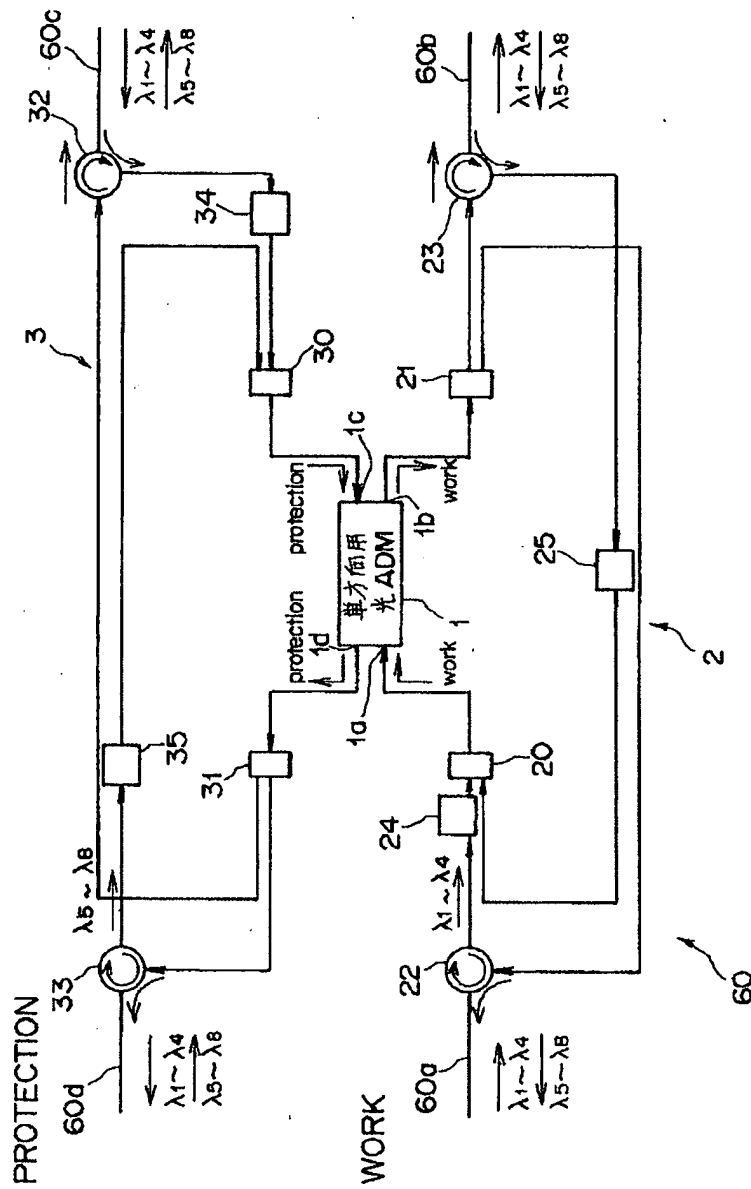
9 2×1スイッチ

10 光スペクトルモニタ
 11, 17, 153c 光増幅器
 12, 16 1×8光カプラ
 13-1~13-8, 153d 可変バンドパスフィルタ
 14 電気ADM (E-ADM)
 15 光信号生成部 (LD bank)
 20 光カプラ (光合波部; 1×2WDM光カプラ)
 21 光カプラ (光分波部; 1×2WDM光カプラ)
 22 光サーキュレータ (第1光信号分岐部) 10
 22A 光カプラ (第1分岐部)
 23 光サーキュレータ (第2光信号分岐部)
 23A 光カプラ (第2分岐部)
 26, 27, 30, 31, 36, 37 光カプラ (2×1光カプラ)
 32, 33 光サーキュレータ
 24 分散補償器 (第1分散補償器)
 24A 分散補償器 (第3分散補償器)
 25 分散補償器 (第2分散補償器)
 25A 分散補償器 (第4分散補償器) 20
 28, 38 光カプラ (2×2WDM光カプラ)
 28a 第1入出力ポート
 28b 第2入出力ポート
 28c 第3入出力ポート
 28d 第4入出力ポート
 30 光カプラ (非常時用光合波部)
 31 光カプラ (非常時用光分波部)
 32 光サーキュレータ (非常時用第1光信号分岐部)
 32A 光カプラ (第3分岐部)
 33 光サーキュレータ (光常時用第2光信号分岐部) 30
 33A 光カプラ (第4分岐部)
 34, 35 分散補償器
 34A 分散補償器 (第5分散補償器)
 35A 分散補償器 (第6分散補償器)
 38a 非常時用第1入出力ポート
 38b 非常時用第2入出力ポート
 38c 非常時用第3入出力ポート
 38d 非常時用第4出力ポート
 45 分波器
 46-1~46-n 分岐用光スイッチ (1×2光スイッチ) 40
 47-1~47-n 挿入用光スイッチ (2×1光スイッチ)
 48-1~48-n 光アッテネータ
 49 合波器
 50, 51 波長多重通信システム
 52 4 fiber BLSR (Bi-directional Line Switched Ring) ネットワーク
 53 UPSR (Uni-directional Path Switched Ring)

g) ネットワーク
 54, 55 2 fiber BLSR ネットワーク
 60, 61, 62, 62A~62D, 63 双方向光通信光伝送装置
 60a, 60b, 60a', 60b', 60e, 60f
 光ファイバ (双方向通信光伝送路)
 60c, 60d, 60c', 60d', 60g, 60h
 光ファイバ (非常用双方向通信光伝送路)
 64A, 64B 双方向光増幅器
 70 光入力ポート
 72 光導波路
 73 くし形電極 (IDT)
 74 SAWクラッド部
 75 偏波分離部 (PBS; Polarization beam splitter)
 76, 77 光出力ポート
 81A~81D, 81A', 81B' 光ファイバ
 80A~80F 光送信部 (OS; Optical Sender)
 82A~82F 光受信部 (OR; Optical Receiver)
 83~86 WDM光カプラ
 101, 108 光スイッチ (単方向用折り返し光スイッチ; 2×2スイッチ)
 101A, 101B 光スイッチ
 102, 106, 110, 112, 114, 117 光カプラ (2×1光カプラ)
 103, 113 監視信号受信部 (SVOR)
 104, 109, 116 光増幅器
 105 リニアADM部 (アド・ドロップ処理部)
 105A, 105B リニアADM部 (第1アド・ドロップ処理部)
 107, 115 監視信号送信部 (SVOS)
 108A 光スイッチ (第1折り返し光スイッチ)
 108B 光スイッチ (第2折り返し光スイッチ)
 111, 118, 122 光スペクトルモニタ (スペクトル監視部)
 123 光スペクトルモニタ用スイッチ
 123a~123f 光カプラ
 119, 119A, 119B ゲインイコライザ (非常時光信号レベル調整部)
 140-1~140-8 受信部 (RX)
 141-1~141-8 送信部 (TX)
 150 光源駆動回路
 151 光源ユニット (LD unit)
 152 8×8光カプラ
 153-1~153-8 再変調部 (Remodulator)
 153a 電気/光変換部 (E/O)
 153b 変調器
 501~510 光伝送装置 (光ADM装置)
 511, 512 光伝送装置

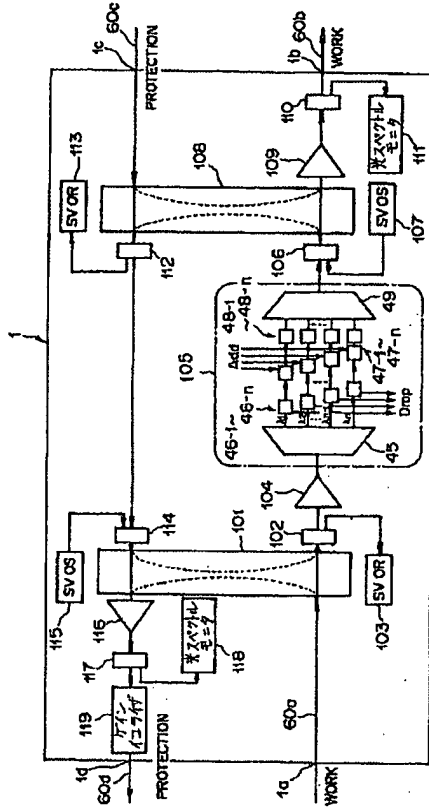
【図1】

本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信光伝送装置の構成を示すブロック図



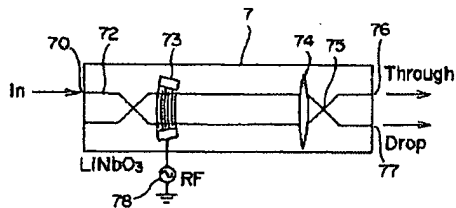
【図2】

本発明の第1実施形態にかかる単方向光信号処理部の構成を示すブロック図



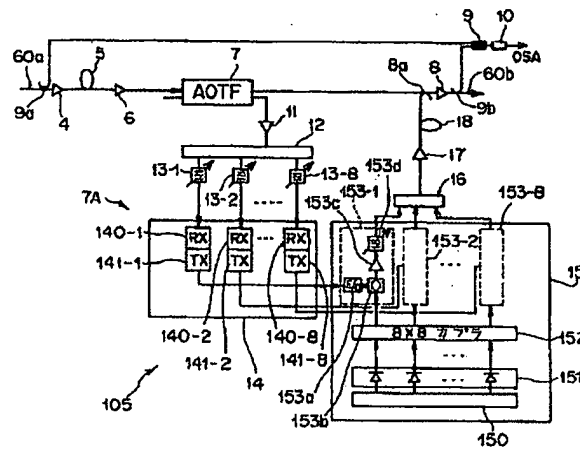
【図4】

図3にかかる音響光チューナブルフィルタの構成を示すブロック図



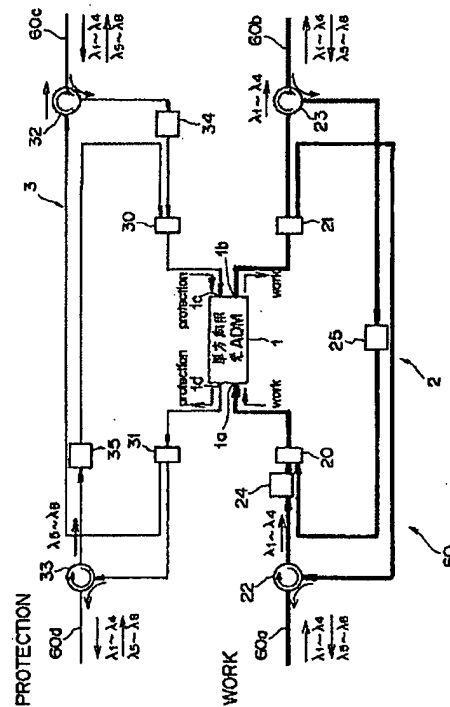
【図3】

本発明の第1実施形態にかかるリニアADM部の他の例を示すブロック図



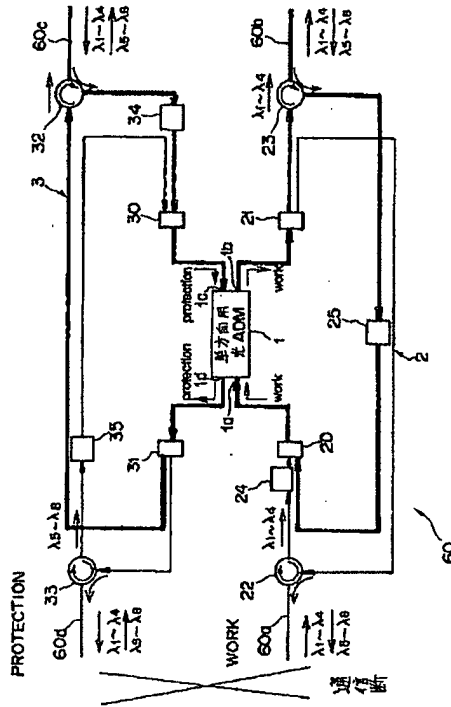
【図5】

本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における通常時の動作を説明するための図



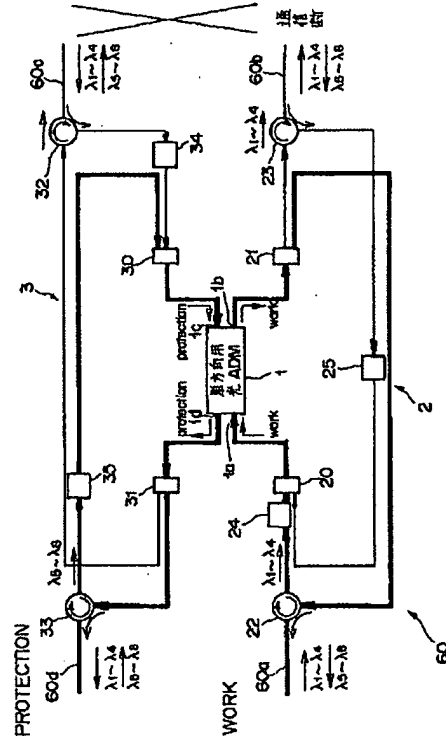
【図6】

本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図



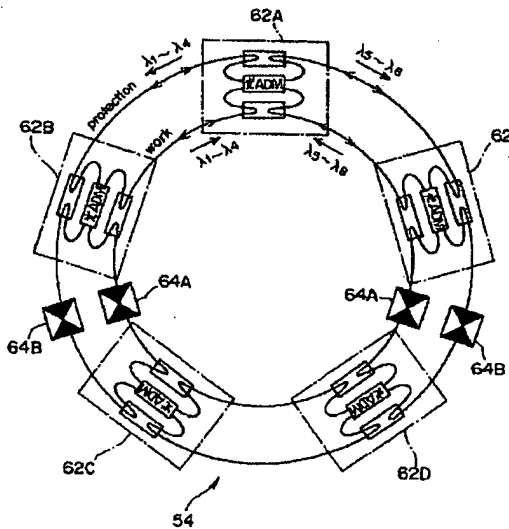
【図7】

本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における非常時の動作を説明するための図



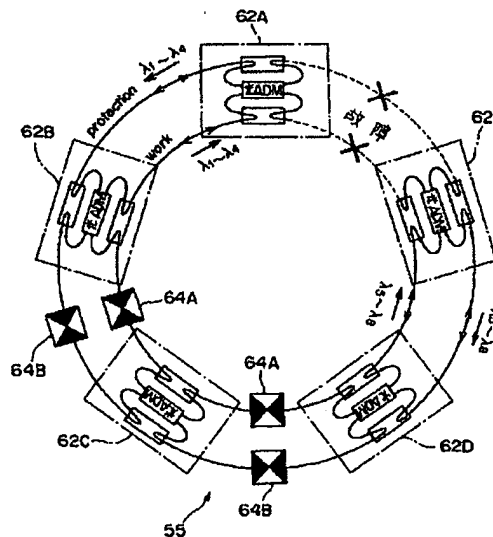
【図12】

図10にかかる双方向光通信用光伝送装置により構成されるネットワークを示す図



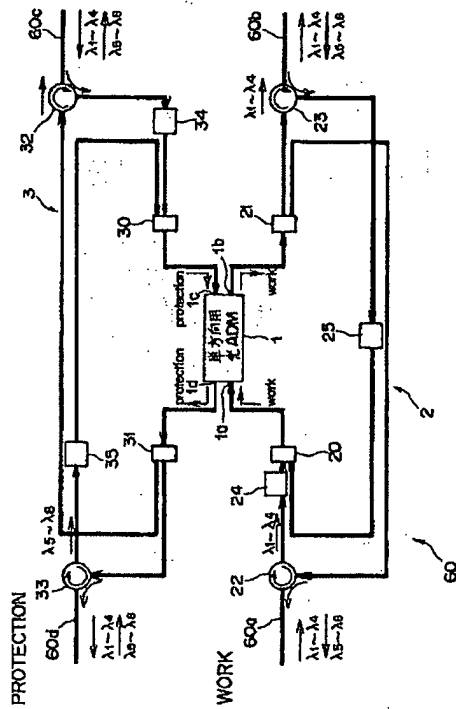
【図13】

図10にかかる双方向光通信用光伝送装置により構成されるネットワークにおける非常時の動作を説明するための図



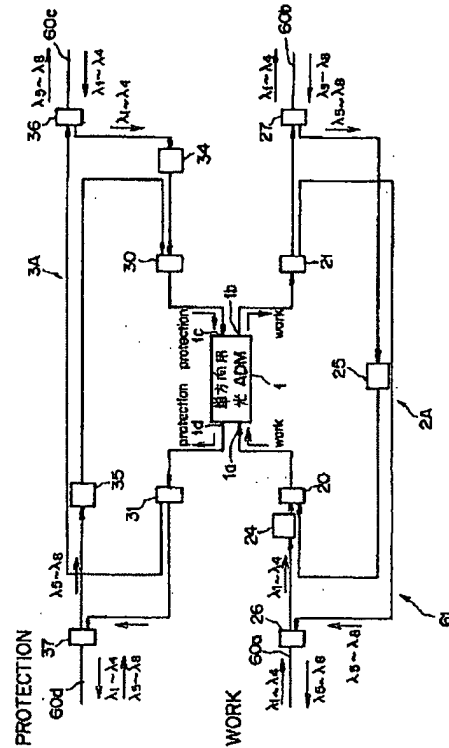
【図8】

本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における
非常時の動作を説明するための図



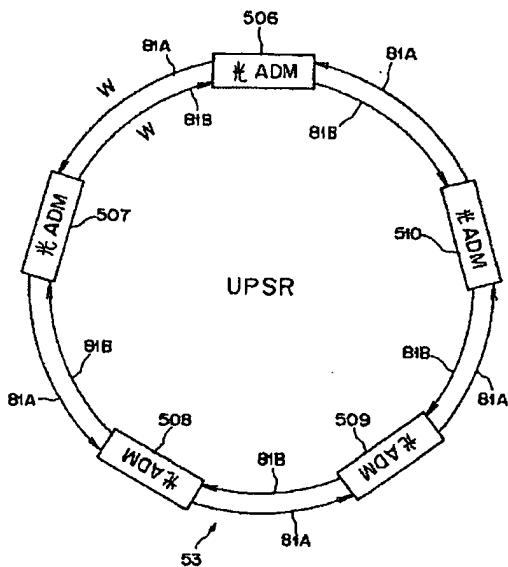
【図9】

本発明の第1実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の第1
変形例を示すブロック図

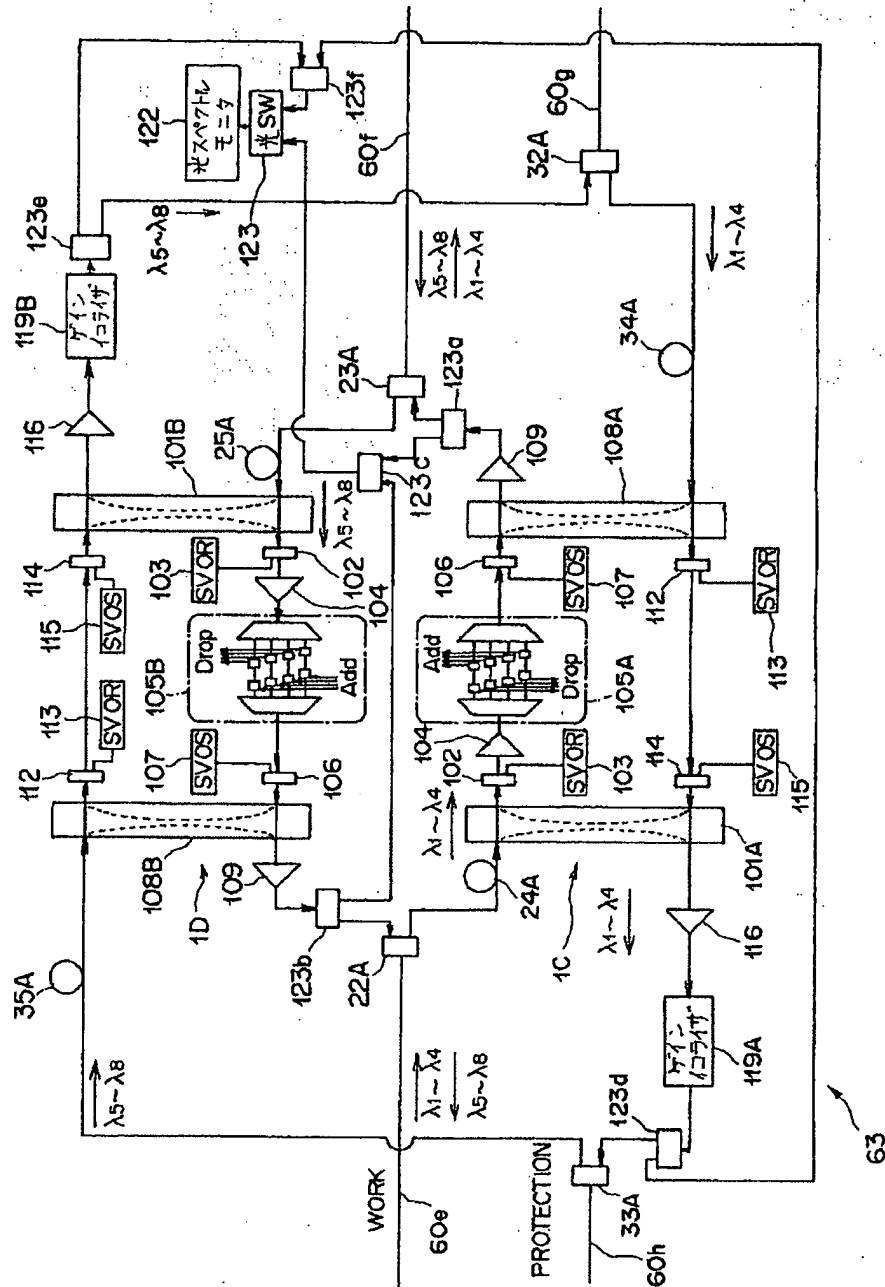


【図22】

一般的な波長多重通信システムのUPSRネットワークの構成を示す
ブロック図

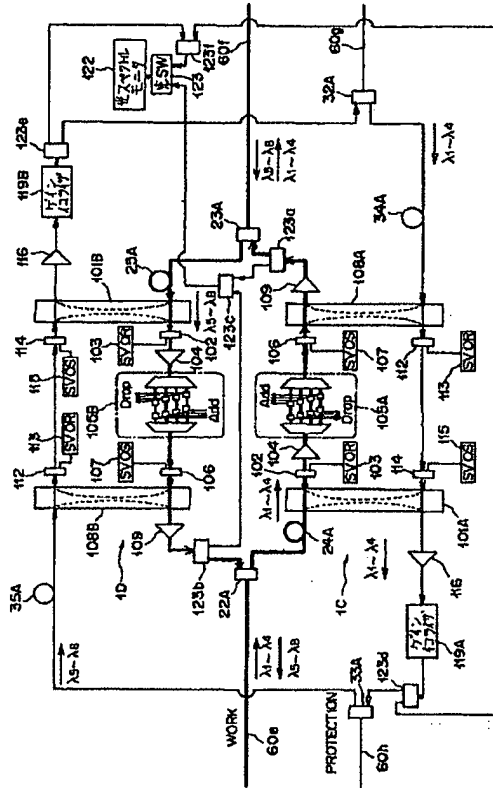


本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置の構成を示すブロック図



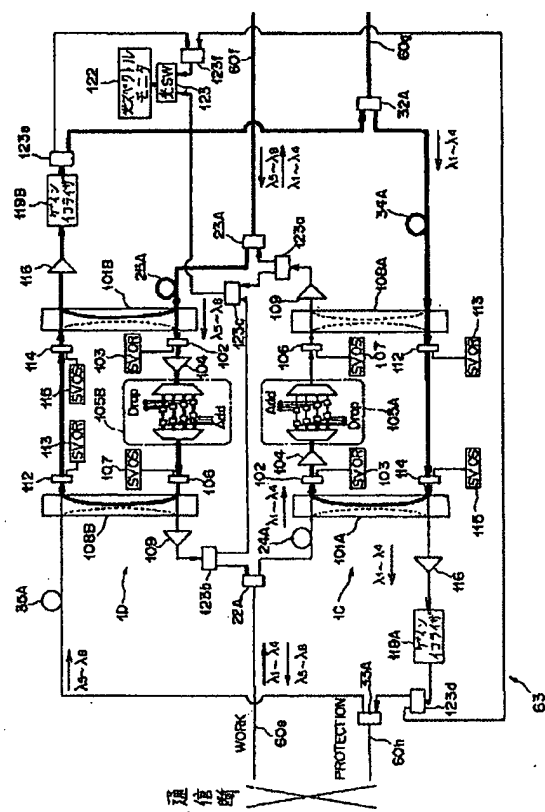
【図15】

本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における
送受時の動作を説明するための図



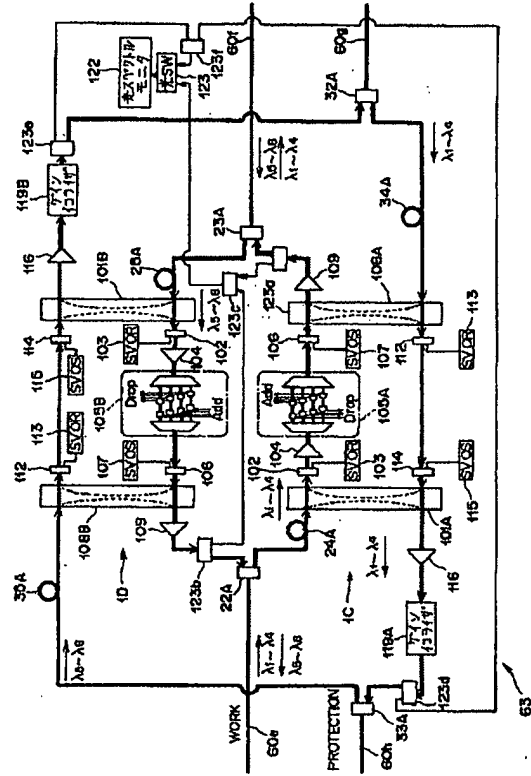
【図16】

本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における
送受時の動作を説明するための図



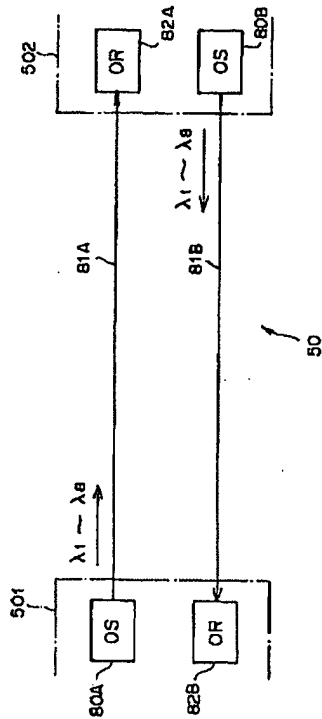
【图 18】

本発明の第2実施形態にかかる双方向光通信用光伝送装置における発光時の動作を説明するための図



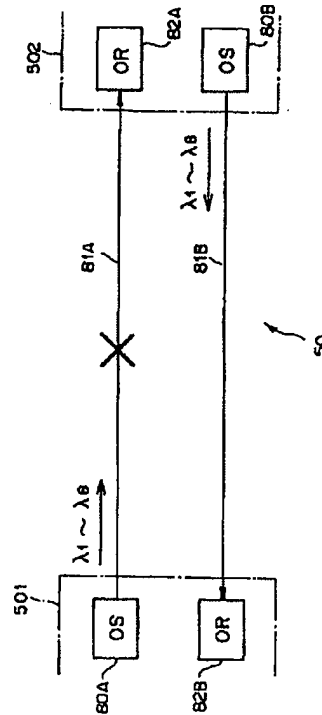
【図19】

単方向波長多重方式を採用した波長多重通信システム構成を示すブロック図



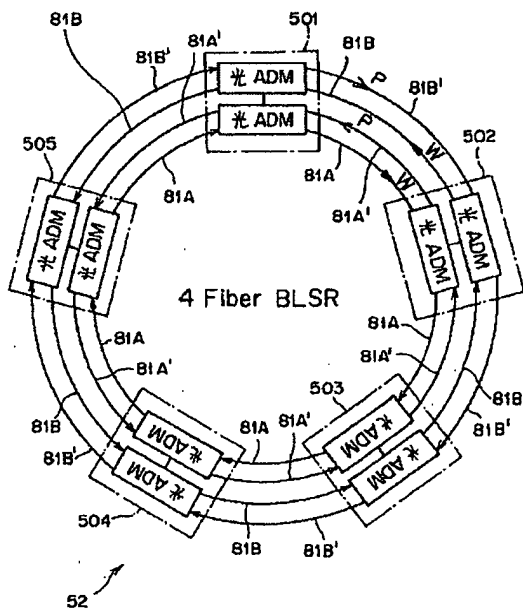
【図20】

図19に示す波長多重通信システムにおける非常時の動作を説明するための図



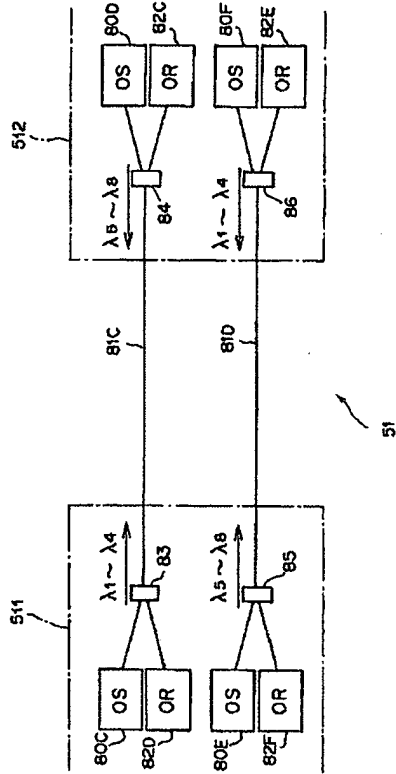
【図21】

一般的な波長多重通信システムの4Fiber BLSR ネットワークの構成を示すブロック図



【図23】

双方向波長多重方式を適用した波長多重通信システムの構成を示すブロック図



【図24】

図23に示す波長多重通信システムにおける非常時の動作を説明するための図

